Desenho de uma Nova Ferramenta de Planeamento da Produção de Transformadores Core

Na EFACEC Energia

Joana Teles Desport Marques

Projecto de Dissertação do MIEIG 2007/2008

Orientador na FEUP: Prof.ª Henriqueta Nóvoa

Orientador na EFACEC Energia: Eng.º Miguel Gonçalves

FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2008-09-15

Aos meus pais…

Resumo

O presente documento apresenta o trabalho desenvolvido ao longo do projecto curricular do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, realizado na empresa EFACEC Energia entre Março e Agosto de 2008.

O objectivo deste projecto de dissertação consiste fundamentalmente em seleccionar e estruturar uma ferramenta de apoio ao planeamento da produção de transformadores Core que possibilite a integração e a coordenação dos centros de trabalho em tempo real e que, simultaneamente, torne visível e imediato o desempenho da fábrica. Esta necessidade surge como consequência das estratégias da empresa de diminuir o tempo de resposta e de aumentar a eficácia de um processo produtivo complexo e altamente customizado.

No decorrer do projecto, e com o objectivo de responder da forma mais adequada ao problema proposto, foi necessário o cumprimento de diversas etapas, documentadas neste relatório. Inicialmente, procedeu-se ao estudo aprofundado da lógica do processo produtivo e dos respectivos métodos de planeamento utilizados. A partir dessa informação, especificaram-se os requisitos para a ferramenta de planeamento da produção, pesquisando-se, simultaneamente, software que pudesse servir de base da aplicação. Depois de seleccionado o Microsoft Office Project, procedeu-se à construção da nova ferramenta, que consistiu na parametrização de acordo com a realidade da fábrica estudada, na personalização do software de acordo com os requisitos especificados e, paralelamente, na documentação dos principais procedimentos. Finalmente, procedeu-se à implementação de um protótipo, com o objectivo de se realizar uma fase de testes que permitisse a validação da ferramenta.

Em termos comparativos com a ferramenta actualmente em utilização, a nova ferramenta reduz os desvios das previsões, assim como a sua variabilidade, apresentando uma boa correlação entre valores efectivos e previstos. Existe no entanto algum atraso sistemático dos valores efectivos relativamente às previsões, devido essencialmente a atrasos no fornecimento da cadeia de valor. De uma forma geral, os desvios são também causados por um planeamento, em termos de tempos previstos, que não reflecte totalmente a realidade.

Depois de efectuados os ajustes resultantes da análise da fase de testes, a ferramenta vai permitir uma adequada sincronização com a realidade da fábrica, conduzindo ao cumprimento de prazos e a uma performance ainda melhor da nova ferramenta. De facto, depois da difusão e da integração da nova ferramenta na empresa, esta trará vantagens no sentido de uma maior fiabilidade de registos e, principalmente, na flexibilidade e adequabilidade de utilização. As suas propriedades inovadoras permitem a mobilidade e a visualização imediata da informação mais consistente, rigorosa e controlada. As automatizações da ferramenta permitem a simplificação de tarefas, levando a uma redução do esforço despendido nas funções de planeamento e controlo. O envolvimento directo dos colaboradores no funcionamento da ferramenta trará níveis de motivação mais elevados e ainda a possibilidade de melhoria contínua do desempenho da ferramenta.

Design of a New Tool for Core Transformers Production Planning

Abstract

This document presents all the work developed through the final project of the Master in Industrial Engineering and Management in Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, taken place in EFACEC Energia from March to August 2008.

The dissertation project goal mainly consists in selecting and structuring a tool to support Core transformers production planning that allows the integration and coordination among work centres in real time and that, simultaneously, shows the immediate factory performance. This need arises as a consequence of the company's strategy of reducing lead time and increasing efficiency, associated to a complex and customized production process.

During the project, and with the purpose of fitting the proposed problem in the best possible way, some stages, documented in this report, were necessary. Initially, it was made a thorough study of the production process logics and planning methods used. From the gathered information, the requisites for the production planning tool were specified, together with the research of software that could be the basis of the new application. After selecting Microsoft Office Project, the new tool was constructed, consisting in parametrising accordingly to the reality of the studied factory, customizing the software accordingly to the specified requisites and, at the same time, documenting the main procedures. Finally, a prototype was implemented, with the objective of setting a test stage for validating the tool.

Comparing to the tool currently in use, the new tool reduces the forecast deviations and their variability, having a good correlation between real and baseline values. However, there is some systematic delay between the real and the forecasted values, essentially due to delays in supplying the value chain. Generally, these deviations are also caused by a planning that, concerning standard times, does not totally reflect the reality.

After proceeding to the resulted fits from the tests' phase, this tool will allow a suitable synchronisation with the plan reality, leading to the fulfilment of deadlines and an even better tool performance. Actually, after its spreading and integration through all the company, this developed tool will be advantageous in terms of more records reliability and, mainly, in terms of usage flexibility and suitability. Its innovative properties allow immediate information mobility and visibility, increasing its consistence, rigour and control. The efforts spent in planning and control is reduced, through automation, simplification of tasks and more efficient processes. The people direct involvement and contribution to the tool functioning will lead to increased levels of motivation, as well as to a continuous improvement in tool performance.

Agradecimentos

Aos operadores, chefes de equipa e encarregados da fábrica Core, por tudo o que pacientemente transmitiram resultado das suas experiências e, por outro lado, pela receptividade e colaboração em actividades que lhes foram sendo propostas. Ao Eng.º Carlos Carvalho e ao Eng.º António Teixeira pelo apoio na concepção da adequabilidade do projecto.

Ao Eng.º Jorge de Oliveira, pela motivação e conhecimento transmitidos, fundamentais como ponto de partida para a construção do projecto.

Ao Eng.º Miguel Gonçalves pelo vasto *know-how* que constantemente difunde, assim como pela dedicação transmitida, contribuindo decisivamente para a motivação no desenvolvimento do projecto.

À Prof.ª Henriqueta Nóvoa, pela disponibilidade e pelo apoio prestados no decorrer do projecto, abrindo horizontes no sentido da procura de melhores soluções.

Finalmente, mas não menos relevantes, aos colegas da empresa que diariamente proporcionaram as condições de bem-estar fundamentais para trabalhar, assim como ao acolhimento prestado de forma global pelos colaboradores da empresa.

Índice de Conteúdos

1 Introdução

A necessidade do desenho da nova ferramenta de planeamento da produção surge num contexto industrial muito particular. Desta forma, ao longo deste capítulo enquadra-se o projecto no seio do grupo empresarial e da empresa, depois de uma breve apresentação dos mesmos. O problema é descrito sucintamente, assim como a metodologia utilizada para o abordar. Finalmente, é feita uma explicação da organização do presente documento.

1.1 Apresentação do Grupo EFACEC e da EFACEC Energia

1.1.1 Actividade do Grupo

O Grupo EFACEC é o maior grupo electromecânico nacional de capitais portugueses, dedicado a comercializar produtos, soluções, sistemas e serviços, com as mais avançadas tecnologias, assentes em competências, qualidade e empreendedorismo. A sua presença passa pelos sectores fundamentais ao desenvolvimento de um futuro sustentável da sociedade, que vão da energia aos transportes e do ambiente à engenharia (Grupo EFACEC, 2008). O grupo tem vindo a demonstrar uma forte determinação no crescimento orientado pela preocupação com o futuro e com a constante criação de valor, evidenciada pelos dados da Tabela 1.

Tabela 1 – Dados Estatísticos do Grupo EFACEC Relativos a 2007
Fonte: (Grupo EFACEC, 2007)

Volume de Negócios	**440M€**
Aumento do Resultado Operacional	**19%**
Aumento das encomendas	**30%**
Mercado de exportação	**60%**
Países com presença	**65**
Colaboradores	**3000**
Colaboradores com formação superior	**39%**

O grupo apresenta elevada expressão em mercados externos, tendo vindo a tornar-se uma empresa global. Portugal assume-se como um mercado determinante para a projecção da sua experiência, valores e *know-how*, garantindo uma base sólida para a consolidação a nível internacional. Os objectivos estratégicos, para além do foco internacional, passam por ultrapassar os 1000M€ de volume de negócios em 2012 (Grupo EFACEC, 2007).

1.1.2 História do Grupo

De seguida, apresentam-se os principais marcos históricos do Grupo EFACEC.

1905 Inauguração de "A **Moderna**, Sociedade de Serração Mecânica de Madeiras".

1921 Fundação da **Electro-Moderna**, Lda., "Fábrica de Motores e Geradores de c.a. e c.c. de Transformadores e de Acessórios Eléctricos".

1948 Fundação da Sociedade Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas (**EFME**), com o capital distribuído entre Electro-Moderna (20%), Ateliers de Construtions Electrique de Charleroi (ACEC) (20%), Companhia União Fabril (CUF) (45%) e outros accionistas (15%). Pretendia criar-se uma empresa sólida, financeira e tecnicamente capaz de concorrer no mercado internacional, cujo negócio seria o

"exercício da indústria, comércio, instalação e reparação de material eléctrico e mecânico e de todas as actividades correlativas".

1949 Nova designação: **EFA.**

1957 Início da produção de transformadores.

1959 Consolidação e ultrapassagem de crises económicas e conjunturais, passando a constituir a maior sociedade portuguesa no campo da electrotecnia.

1962 Nova designação: **EFACEC.**

1969 Admissão das acções no mercado de valores de Lisboa.

1973 Crescimento de 2,5 vezes da área fabril e de 6 vezes do volume de encomendas, relativamente a 1966.

1987 Saída do sócio maioritário, ACEC, e consequente início de um novo período na história da empresa.

1990 Criação das primeiras empresas afiliadas detidas a 100% pelo Grupo EFACEC.

1999 Aprovação dos princípios orientadores de uma nova estratégia, focada no reforço e na consolidação da competitividade, através da reorganização em três sectores: Engenharia, Ambiente e Serviços (EAS); Energia (EN); Telecomunicações, Logística e Electrónica (TLE).

2002 Consolidação orgânica e estabilidade económica, com foco no valor sinérgico das diversas actividades, na criação de valor, na orientação para o cliente, na criatividade e na inovação dos processos, no rigor de utilização de recursos.

2005 Prémio obtido no "Stock Awards 2005" como segunda melhor empresa cotada na Euronext Lisboa; segundo lugar no "Investor Relations Awards 2005" para melhor programa global de investidores.

2006 Retirada das acções da bolsa de valores, na sequência do sucesso da operação de lançamento de uma Oferta Pública de Aquisição sobre as acções representativas do capital social da EFACEC, por parte dos seus Accionistas de referência, Grupo José de Mello e Têxtil Manuel Gonçalves.

Desempenho das funções de Presidente da Comissão Executiva pelo Sr. Dr. Luís Filipe Pereira.

Homenagem da Associação Industrial Portuguesa, com atribuição da medalha de ouro, pelo contributo dado para a sociedade e a economia portuguesas e para a imagem do país nos mercados externos.

Inauguração do Laboratório de Ensaios de transformadores de potência, que criou condições para abordar o mercado dos EUA das grandes unidades e entrar no conjunto norte-americano dos maiores fabricantes mundiais de transformadores.

2007 Reconhecimentos externos quanto aos princípios, políticas e práticas corporativas: primeiro lugar no prémio "Empresa mais familiarmente responsável", na categoria das grandes empresas (Deloitte / AESE / Diário Económico); menção honrosa no prémio "Cidadania das empresas e das organizações", na vertente do desenvolvimento económico, (PriceWaterHouseCoopers / AESE / Exame).

2008 Mudança de imagem radical, com novo logótipo, associado ao *slogan* "Tecnologia que move o mundo", na sequência da campanha de globalização e inovação.

1.1.3 Organização do Grupo

O Grupo EFACEC tem vindo a passar por várias reestruturações, aos níveis de negócio, mercado e suporte. No que diz respeito ao portefólio de actividades, este está organizado em três áreas de negócio e respectivas unidades de negócio, estruturadas de acordo com a Figura 1.

Figura 1 – Estrutura das Áreas e Unidades de Negócio do Grupo EFACEC

Além de actuar em Portugal, o Grupo EFACEC tem especial representação nas restantes seis unidades de mercado assinalados na Figura 2.

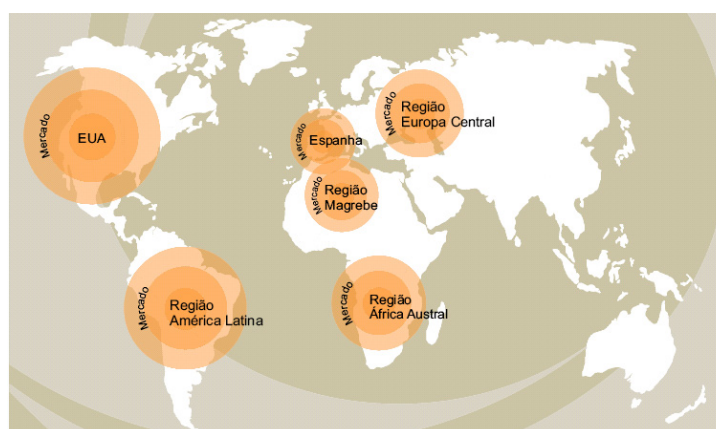



Figura 2 – Unidades de Mercado da EFACEC Internacional

Às referidas áreas de negócio aplicadas aos referidos mercados, ainda se acrescentam as áreas de suporte dos serviços partilhados, assim como outros mercados internacionais de actuação, resultando na organização do Grupo EFACEC do ANEXO B.

1.1.4 Enquadramento na Empresa

Tal como pode ser verificado pela observação do organigrama referido, o Grupo EFACEC apresenta uma organização de grande dimensão e bastante complexidade. Desta forma, enquadra-se e localiza-se a unidade em que se desenvolveu o projecto na Figura 3.

Figura 3 – Enquadramento da Unidade de Negócios de Transformadores no Grupo EFACEC

Área de Negócio: Energia

O Grupo EFACEC é líder no mercado da produção, transmissão e distribuição de energia eléctrica. A oferta na área de negócio da Energia cobre ainda os sistemas de automação, os sistemas de alimentação e os serviços de assistência e manutenção. Estas soluções pretendem servir fundamentalmente empresas de energia, empresas de água e operadores de telecomunicações (Grupo EFACEC, 2008).

Em 2007, esta actividade manteve a sua tendência de crescimento, com um aumento de encomendas de 25% no mercado nacional e de 11% no mercado externo face ao ano anterior. Obteve, assim, mais de 240 M€ de encomendas, que representam quase metade do volume de encomendas do grupo (Grupo EFACEC, 2007).

Empresa: EFACEC Energia, Máquinas e Equipamentos Eléctricos, SA (EN)

A empresa onde se realizou o projecto, EFACEC Energia, SA, centra a sua actividade no fornecimento de soluções integradas e bens de equipamento para a área da transmissão e distribuição de energia, designadamente transformadores de potência, aparelhagem de alta tensão e subestações móveis. Tem vindo a ser reconhecida pela excelência oferecida, resultado da aplicação das mais avançadas tecnologias (Grupo EFACEC, 2008).

Unidade de Negócio: Transformadores (PT)

Esta unidade destina-se à produção de transformadores de potência, utilizados em centrais, subestações, sistemas de tracção eléctrica e sistemas industriais, tentando responder às exigências cada vez mais dinâmicas destes mercados. Para tal, é fundamental a permanente procura de novos métodos, processos e soluções. Têm vindo a ser construídas novas fábricas e introduzidas inovações e melhorias nos sistemas produtivos existentes, como resultado da reconhecida capacidade e competência da unidade.

Neste mercado, a Siemens e a ABB são os principais líderes a nível mundial e a EN apresenta uma quota entre 1% e 5%. No entanto, com a aposta na qualidade e na fiabilidade dos seus transformadores de potência, a EN já conquistou clientes por todo o mundo. Os mais representativos encontram-se nos Estados Unidos da América (EUA), como a Nevada Power Company e a Pacific Gas & Electricity, e em Espanha, como a Union Fenosa Distribuición e a Iberdrola. No mercado nacional, esta unidade do Grupo EFACEC já consolidou a sua posição de líder de mercado, essencialmente devido ao fornecimento dos seus principais clientes: Energias de Portugal (EDP) e Rede Eléctrica Nacional (REN).

A produção da unidade PT está divida em duas linhas independentes, possuindo a seguinte gama de produtos:

- Transformadores tipo Core (CT), até 250 MVA[48] e 345 kV;
- Transformadores tipo Shell (ST), até 600 MVA e 525kV.

1.2 O Projecto na EFACEC Energia

Dentro da unidade PT da EN, o estudo vai focar-se nos transformadores do tipo Core. Estes produtos são máquinas estáticas de alto custo, associadas ao transporte de energia eléctrica, que têm como principal função a elevação da tensão dessa mesma energia.

Mais especificamente, este projecto está orientado para o apoio à produção dos CT. O processo de produção assume particularidades muito especiais, devido não só à dimensão e à complexidade dos componentes, como também a especificidades do sistema de produção

sintetizadas na Tabela 2. Entre estas, destaca-se a total customização dos produtos, cuja procura é determinada por encomendas unitárias ou com poucas repetições.

Tabela 2 – Características da Produção e do Planeamento da Produção dos CT

Equipamentos e postos de trabalho	Flexíveis
Utilização do equipamento	Baixa
Mão-de-obra	Elevada e especializada
Tamanho do lote	Produção unitária
Tempo de produção por unidade ou lote	Elevado
Taxa de produção	Reduzida
Custo unitário	Elevado
Base para planeamento e programação da produção	Encomendas
Variedade dos produtos	Infinita
Satisfação de encomendas	Dependente da capacidade
Tempo de resposta	Longo
Preparação do trabalho	*Ad hoc*

Tendo por base este nível de complexidade e de customização do sistema de produção, associado ainda à escassez de recursos e a um elevado grau de exigência dos clientes, é fundamental a gestão de tempo e o cumprimento de prazos. De facto, a estratégia da EN passa, actualmente, pela diminuição do tempo de resposta[74] e pelo aumento da eficácia[23], de forma a garantir ou mesmo aumentar a sua competitividade. Neste sentido, surge a necessidade de criação de uma ferramenta que, tendo em conta a capacidade da fábrica[9], optimize o carregamento das ordens de produção pelos diversos recursos ao longo do tempo. Acrescenta-se ainda a necessidade de melhoria da consistência de informação pelos diversos intervenientes da organização, através da sua geração e partilha adequadas.

No fundo, o objectivo do projecto de dissertação consiste no desenho de uma aplicação de apoio ao planeamento da produção de transformadores Core, que possibilite a integração e a coordenação dos centros de trabalho em tempo real e que, simultaneamente, torne visível e imediato o desempenho da fábrica.

1.3 Estudo e Desenvolvimento do Protótipo no Projecto

De forma a responder ao desafio apresentado, passou-se por diferentes fases, seguindo aproximadamente a metodologia utilizada no desenvolvimento de projectos que, neste contexto, consistiram nas etapas da Figura 4.

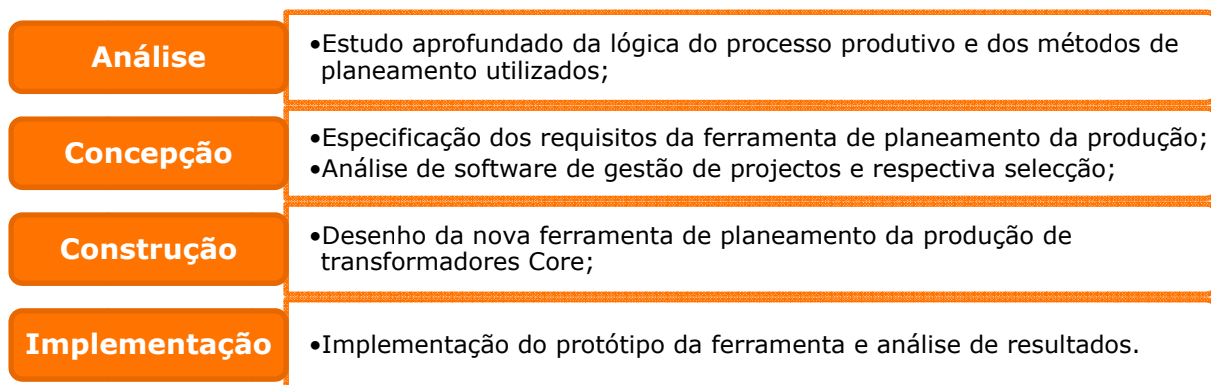



Figura 4 – Etapas do Estudo e Desenvolvimento do Protótipo

Estas fases do projecto, ao longo do tempo, concretizaram-se nas especificadas na Figura 5.

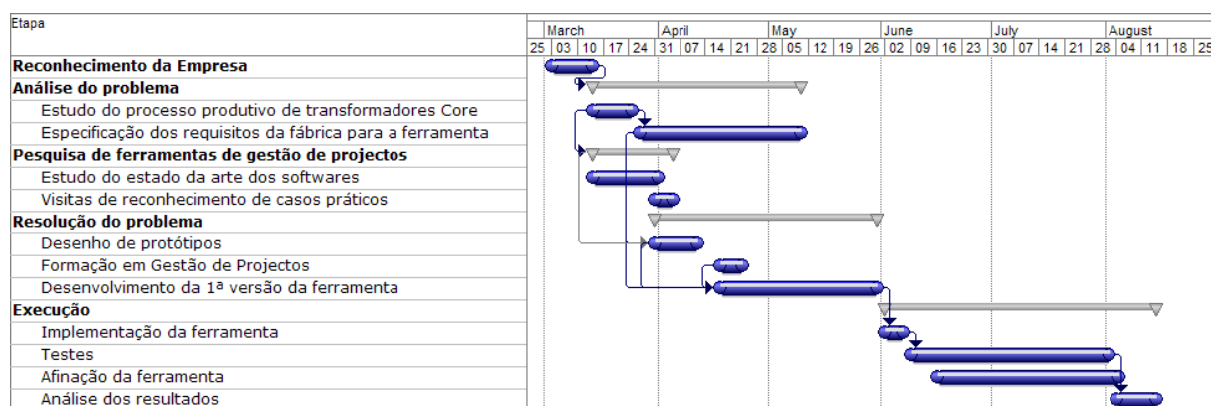



Figura 5 – Diagrama de Gantt das Etapas do Projecto

Pode reconhecer-se, desta forma, a abrangência de campos da gestão implicados neste estudo, que passam pela gestão da produção e pela gestão de projectos, sustentadas por sistemas de gestão de informação. Além disso, o desenvolvimento de competências e a recolha de informação, necessários para o desenvolvimento do projecto, exigiram metodologias que incluíram a investigação ou pesquisa teórica, a formação prática, a análise da realidade da fábrica e da sua gestão, bem como a análise de casos semelhantes.

1.4 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

O presente relatório pretende transmitir e documentar os principais estudos e as principais conclusões do projecto, baseando-se essencialmente na temática do apoio ao planeamento da produção por projectos. Essencialmente, a sua estrutura baseia-se numa primeira abordagem teórica à referida temática, seguida das diferentes etapas do desenvolvimento de aplicações e concluída com uma análise crítica do projecto.

Inicialmente, é feita uma revisão bibliográfica, que consiste no desenvolvimento de uma base de sustentação teórica para o desenho da nova ferramenta. Ao longo do projecto foram estudados assuntos da gestão da produção, que permitissem a compreensão da situação actual do sistema de produção em estudo e a realização de algumas actividades que contribuíram para o seu melhor funcionamento. Uma vez que se trata de uma produção customizada e determinada por encomendas, alguns fundamentos da gestão de projectos serviram como ponto de partida para a concepção da ferramenta. Finalmente, foi imprescindível a pesquisa de

aplicações informáticas de gestão de projectos, no âmbito das metodologias de desenvolvimento de sistemas de informação.

No capítulo 3 é feita a apresentação mais detalhada do problema. Inicia-se com o levantamento da situação em causa, que descreve o sistema de produção da fábrica Core, dando alguma ênfase ao processo de produção e às respectivas metodologias de planeamento. As principais características do problema são listadas, resultando na especificação detalhada da nova necessidade.

Posteriormente, é feita a apresentação da solução proposta, que representa a documentação da etapa de concepção do protótipo. Inicialmente, a proposta de resposta à nova necessidade é explicitada sucintamente. São descritos ainda no mesmo capítulo os requisitos especificados para os diferentes utilizadores identificados e os suportes lógicos necessários.

A fase de construção é documentada sob a forma de uma apresentação do protótipo desenvolvido. Inicialmente, é especificada toda a parametrização inerente às características da fábrica e do carregamento da mesma. O capítulo 5 fica completo com a personalização detalhada do software, de acordo com todos os requisitos definidos.

Finalmente, aquando da implementação do protótipo, foi realizada uma fase de testes, de forma a validar a ferramenta desenvolvida. Assim, no capítulo 6 são descritos o objecto de estudo e respectivas métricas utilizadas na avaliação do desempenho da ferramenta. São posteriormente apresentados os principais resultados dessa análise, seguidos de conclusões e críticas no sentido da melhoria do referido desempenho.

Depois de todo o estudo apresentado, conclui-se que a nova ferramenta traz de facto melhorias de desempenho no planeamento da produção e propõem-se, ainda, algumas alterações com vista à melhoria desse mesmo desempenho. Para além de facilitar a integração e a difusão de informação na empresa, a nova ferramenta trará vantagens na flexibilidade e na adequabilidade de utilização. O sistema de produção será ainda acrescido de propriedades como inovação, mobilidade, motivação e eficiência.

O presente documento é completado com os anexos. Apresenta-se inicialmente o glossário com um conjunto de termos utilizados, no contexto da empresa, do projecto ou mesmo dos fundamentos teóricos subjacentes, seguido do organigrama da empresa. Posteriormente, inclui-se as principais interfaces de utilização da ferramenta desenvolvida, assim como *outups* criados pela mesma, e ainda o manual de utilizador da ferramenta, que explicita como devem ser utilizadas as funcionalidades desenvolvidas. Finalmente, é documentado um conjunto de apresentações de trabalhos realizados no decorrer do projecto.

2 Revisão Bibliográfica

Para permanecer competitiva no actual mercado exigente e volátil, qualquer empresa tem que definir estratégias que criem valor para o cliente e minimizem os custos. Os níveis elevados de customização, flexibilidade e velocidade de resposta requeridos só podem ser satisfeitos por estratégias multidisciplinares aplicadas a todos os níveis operacionais e tácticos.

Assim, para uma posterior identificação clara e minuciosa do problema em estudo que permitisse solucioná-lo da forma mais adequada e completa, tornou-se imprescindível a análise dos fundamentos de gestão da produção, gestão de projectos e gestão de informação.

2.1 Introdução aos Temas Abordados

Sendo o ambiente industrial cada vez mais complexo e incerto, a gestão, tanto operacional como estratégica, tem-se tornado uma função fundamental na adaptação contínua, no cumprimento de objectivos e no consequente sucesso (Rocha, 2000). Para dar resposta a uma concorrência baseada na satisfação de exigências de produtos únicos entregues em prazos curtos, os próprios sistemas de produção têm que ser flexíveis e capazes de se adaptarem à inovação e à mudança. Desta forma, podem oferecer valor e qualidade para o cliente e, simultaneamente, garantir vantagens económicas, sociais e técnicas para o produtor (Alves, 1999).

Uma das formas de proporcionar robustez a estes sistemas consiste num planeamento da produção eficaz, que permita dar respostas adequadas ao cliente e cumprir de forma eficiente os objectivos operacionais. O processo produtivo em particular deve ser bem especificado, possibilitando a selecção do modelo de programação[57] mais adequado, que reduza o *work-in--process* (WIP)[84], optimize a utilização de recursos[82], cumpra prazos e reduza tempos e custos de produção. Como estratégia competitiva, cabe a cada empresa explorar aplicações informáticas disponíveis que sustentem os métodos de programação (Varela & Silva, 2008).

Neste sentido, a competitividade implica a eficiência[24] dos processos e a customização através de projectos[60], sustentadas pela consistência de aplicações informáticas, que resultam respectivamente nas três áreas da gestão assinaladas na Figura 6.

Figura 6 – Esquema Representativo da Interdisciplinaridade do Projecto

A necessidade de concepção desta nova ferramenta tem, então, por base, as funções de gestão da produção, gestão de projectos e gestão de informação, analisadas nos seguintes capítulos.

2.2 Gestão da Produção

De uma forma genérica, gestão da produção pode ser interpretada como a procura da melhor resposta no processo de transformação de conhecimento, recursos e capital em produtos e desperdício. A eficiência desta transformação vai depender, então, das competências ao nível de pessoal, processos, transporte e infra-estruturas, sendo que a gestão da produção consiste na tentativa de a atingir em qualquer operação da organização.

Os fundamentos e as ferramentas desta função possibilitam uma análise sistemática de processos e consequente selecção das formas mais eficientes de realizar operações. Assim, muitos dos princípios abordados neste capítulo (Figura 7) podem também ser aplicados na gestão de todo o tipo de tarefas de uma empresa.

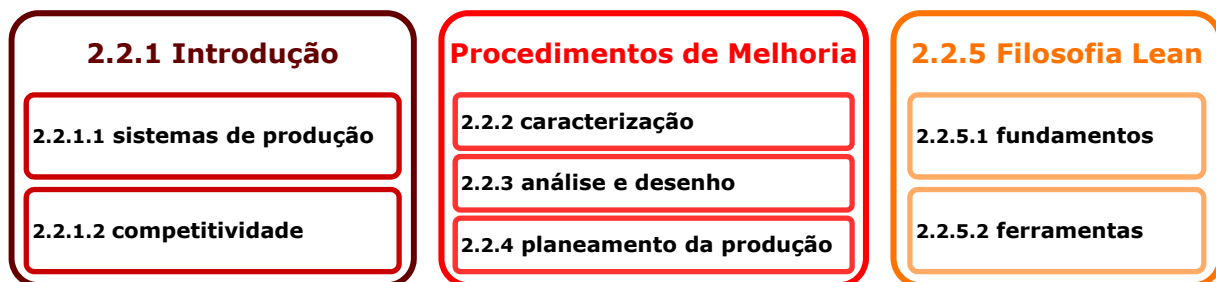



Figura 7 – Esquema do Conteúdo do Capítulo 2.2 Gestão da Produção

Inicialmente é feita uma introdução conceptual da gestão da produção e dos seus principais fundamentos. Posteriormente, explicitam-se as ferramentas fundamentais para a selecção dos processos produtivos, através da sua caracterização e classificação, seguidas das ferramentas de concepção dos sistemas produtivos e, finalmente, das ferramentas de planeamento da produção. O estudo da gestão da produção numa vertente tradicional é completado pela descrição de metodologias da filosofia *Lean* que também podem ser aplicadas no processo de melhoria dos sistemas produtivos.

2.2.1 Introdução à Gestão da Produção

Chase, Jacobs e Aquilano definem gestão da produção como o desenho, o funcionamento e a melhoria do sistema que cria e entrega os bens de uma empresa. Este processo inclui então a gestão de todas as transformações envolvidas na produção desses mesmos bens. Acrescentam ainda que é um ramo funcional dos negócios, com responsabilidades claras de gestão, estruturado em três tipos de decisões: estratégicas ou de longo prazo, tácticas ou de médio prazo e operacionais ou de curto prazo (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

A gestão de operações consiste então no conjunto de procedimentos e soluções que têm em vista o cumprimento de objectivos estratégicos de uma empresa, a partir da melhoria da eficiência e da adequabilidade operacionais. De seguida, abordam-se os principais conceitos que estão na base da gestão da produção, servindo de ponto de partida para o estudo de metodologias relevantes no âmbito deste projecto.

2.2.1.1 Sistemas de Produção

Um sistema de produção (Figura 8) engloba um conjunto de actividades de fabrico, montagem, processamento de informação ou suporte, que permitem a obtenção de determinado *output* a partir de *inputs*. Por *output* entende-se um objecto, tangível ou não, que tem maior utilidade para o sistema do que os *inputs*, podendo ser vendido ou utilizado por

outros sistemas. Recursos referem-se aos elementos de produção capazes de executar os processos produtivos e adicionar valor aos *inputs* (Lima, 2003).

Figura 8 – Esquema de um Sistema de Produção

Um sistema de produção é, então, formado por meios de produção (recursos), que sob o efeito de trabalho produtivo (processo de transformação) processam os objectos de entrada (*inputs*), de forma a entregar produtos (*output*).

2.2.1.2 Competitividade dos Sistemas de Produção

Na Figura 9 apresenta-se a abordagem de Imai aos sistemas de produção através de um diagrama de causa-efeito, defendendo que os 6M (mão-de-obra, matéria-prima, máquina, meio ambiente, método e medição) são os principais recursos e *inputs* que devem ser geridos de forma a gerar um bom *output* em termos de QCD (qualidade[62], custo e entrega) (Imai, 1997).

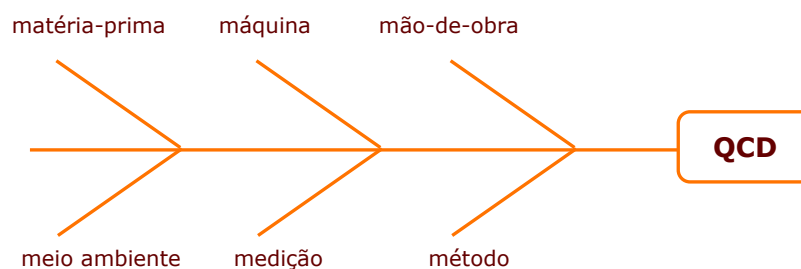



Figura 9 – Diagrama de Causa-efeito Aplicado aos Sistemas de Produção

Um sistema de produção bem concebido tem que cumprir os objectivos delineados estrategicamente, através de uma transformação eficiente, isto é, as operações devem ter um bom desempenho ao mais baixo custo. Às dimensões competitivas de custo, qualidade e entrega, Chase, Jacobs e Aquilano acrescentam a capacidade de resposta a alterações de procura, a flexibilidade e a rapidez de introdução de novos produtos no mercado e o apoio pós-venda (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

Para além de operações eficientes, uma gestão da produção bem-sucedida implica a criação de valor a partir deste processo de transformação. Assim, o valor acrescentado descreve a melhoria do valor do *output* final relativamente ao valor total dos *inputs*, sendo a produtividade[56] do sistema tanto maior quanto maior o seu valor acrescentado.

A função gestão da produção é responsável por analisar todas as actividades do sistema de produção, eliminar as que não acrescentam valor e reestruturar o processo produtivo para obter maior eficiência, de forma a garantir ou a aumentar a competitividade da empresa no mercado. Copani, Marvulli e Tosatti defendem que, para tal, é importante que o modelo de negócios desenvolvido vá de encontro aos seguintes pontos (Copani, Marvulli, & Tosatti, 2008):

- Diminuição de custos relativos a produção, logística e manutenção;

- Melhoria da qualidade do processo de produção e do produto final;
- Diminuição do tempo de entrega;
- Aumento da produtividade (*output* produzido / respectivos *inputs* necessários);
- Aumento da flexibilidade (capacidade de responder de forma efectiva em termos de tempo e custo a alterações internas ou externas).

De forma a cumprir as referidas especificações de competitividade, são fundamentais os procedimentos de análise do sistema, concepção dos processos e melhoria da logística, descritos nos seguintes capítulos.

2.2.2 Caracterização dos Sistemas de Produção

Antes de se passar à fase de concepção de um sistema de produção ou de implementação de metodologias que melhorem a sua eficiência, é necessário identificar e classificar o ambiente produtivo em que se actua ou que se pretende implementar. Assim, de acordo com o tipo de produto e com o tipo de processo, devem adequar-se as estruturas de fluxos e as alternativas de *layouts*.

2.2.2.1 Tipos de Processos

Ao nível mais básico, os processos podem ser classificados como (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006):

- Transformação ou processo de transformação de propriedades;
- Fabrico ou processo de transformação de forma;
- Montagem;
- Testes ou processo de aferição de qualidade.

O tipo de produção também pode ser classificado de acordo com a natureza do produto, com a quantidade (produção unitária, em série ou em massa) ou com o modo de satisfação da procura (*make-to-stock* (MTS)[44] ou *make-to-order* (MTO)[43]) (Lima, 2003).

A classificação dos processos vai ter implicações na estrutura dos fluxos de materiais e no *layout* fabril, descritos de seguida.

2.2.2.2 Estruturas de Fluxos

A estrutura dos fluxos dos processos de produção corresponde à forma como os fluxos de material estão organizados na fábrica. Chase, Jacobs e Aquilano definem quatro estruturas de fluxos principais, classificadas por ordem crescente de volume e estandardização e decrescente de variedade e de flexibilidade (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006):

- *Job shop*[35];
- *Batch shop*[5];
- Linha de montagem[42];
- Fluxo contínuo[27].

2.2.2.3 Layouts *Fabris*

De forma a adequar estes fluxos de materiais e de pessoas aos edifícios, é também necessário fazer o planeamento da localização de equipamentos, postos de trabalho, zonas de armazenamento, eixos e paredes. A definição do *layout* tem grande impacto no sistema de produção, podendo afectar a sua produtividade e os seus custos. Deve, portanto, respeitar a

estratégia da empresa ao nível de produto, processos e recursos humanos, de acordo com requisitos de capacidade, espaço, normas ambientais, fluxos de informação e custos de deslocações previamente estabelecidos.

Os principais tipos de *layout* básicos, genericamente definidos para diferentes ambientes de produção, são:

- Por processo[40] (ou funcional);
- Por produto[41] (ou em linha);
- Celular[37];
- Posição fixa[38];
- Híbrido[39].

Actualmente, a tendência tem sido cada vez mais a definição de *layouts* que imprimam aos sistemas de produção qualidade, flexibilidade e rapidez de resposta a alterações de modelos e de quantidades a produzir, assim como inventários reduzidos. Algumas das características que possibilitam estas propriedades passam pela criação de mais espaços abertos, evitando a colocação de paredes e obstáculos, pela redução de espaço para armazenamento de inventário, pela compactação das áreas e pela adopção de linhas de produção em "U" ou de organização por células.

2.2.3 Análise e Desenho dos Processos de Produção

De forma a assegurar a competitividade e ir de encontro à estratégia da empresa, é necessário conhecer bem o sistema produtivo e adequar os processos de produção.

Para tal, determinam-se valores como a capacidade do sistema, o tempo de resposta aos clientes ou o custo do processo, a partir das metodologias descritas de seguida. A partir desses *outputs*, concebe-se os novos processos ou melhorias a implementar aos processos existentes.

2.2.3.1 Mapeamento do Processo

O primeiro passo para se simplificar um sistema de produção deve consistir numa análise e identificação de atrasos, distâncias de transporte, processos e tempos de processamento. Para tal, pode proceder-se a uma esquematização do processo de produção nos seus elementos básicos: tarefas, armazenamento ou espera, decisões e fluxos de materiais, denominada fluxograma (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006). Os processos de produção podem ainda ser definidos por diagramas de fluxos de trabalho ou mapas da cadeia de valor (2.2.5.2.1).

O estudo envolvido na realização destes diagramas permite habitualmente a eliminação de trabalho desnecessário e simplificação dos restantes elementos, valorizando o sistema como um todo.

2.2.3.2 Estudo dos Tempos e Métodos

Esta ferramenta consiste num conjunto de técnicas que permitem analisar as tarefas, diminuir a sua variabilidade e definir *standards*.

O estudo dos tempos consiste na aplicação de técnicas que estabelecem o tempo necessário para um trabalhador qualificado desempenhar um trabalho específico, a um determinado nível de performance (tempo *standard*). As tarefas são divididas em partes mensuráveis, temporizadas individualmente a partir de métodos directos (observação no local) ou indirectos (analogia com tempos de movimentos elementares) (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

O estudo dos métodos consiste na recolha de informações e na análise crítica relativas aos métodos e procedimentos associados à execução de uma determinada tarefa, ou seja, na observação de como o tempo é gasto ao longo da tarefa. Tem em vista a criação de medidas que tornem os processos mais cómodos, eficazes e económicos, devendo ser normalizadas e mantidas depois de desenvolvidas (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

2.2.3.3 Análise de Capacidade

Capacidade[11] pode ser definida como a quantidade de *output* que um sistema é capaz de gerar durante um período de tempo específico, de acordo com as suas competências de recepção, conservação, armazenamento e tratamento. Em gestão da produção, a capacidade ainda pode ser associada à quantidade de recursos disponíveis[63] relativamente a requisitos de *output* durante um período de tempo (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

Quando se estuda a capacidade com propósitos de planeamento, é necessário ter em conta os recursos e os *outputs*. A capacidade vai reflectir o tipo e a quantidade de produtos que podem ser pedidos ao conjunto de tecnologias e mão-de-obra que a empresa possui. Existe uma dimensão temporal, que distingue os seguintes tipos de planeamento da capacidade:

- Longo prazo – planos superiores a um ano; relativa a recursos produtivos que demoram a adquirir ou implementar, como edifícios ou equipamentos;
- Médio prazo – planos mensais ou trimestrais para os seis a dezoito meses seguintes; relativa a recursos como contratações, ferramentas ou pequenos equipamentos;
- Curto prazo – planos inferiores a um mês para a programação diária ou semanal, consistindo essencialmente em ajustes para eliminar a variação entre os *outputs* planeado e real; relativa a alternativas como horas extra, transferências de pessoal ou rotas produtivas alternativas.

E outra relativa ao sujeito, que classifica o planeamento da capacidade em:

- Agregada – relativa ao conjunto completo das fábricas da empresa, consistindo nos recursos financeiros que as suportam;
- Fabril – relativa à fábrica em causa, consistindo em ajustes de inventário para responder antecipadamente a alterações de procura;
- Departamental – relativa a um centro de trabalho, consistindo no conjunto de equipamentos e pessoal alocados diariamente.

O planeamento estratégico da capacidade consiste na determinação do nível de capacidade global dos recursos de capital intensivo, como instalações, equipamentos e mão-de-obra, que melhor sustenta a estratégia competitiva da empresa. Este nível tem impacto directo na capacidade de resposta, na estrutura de custos, nas políticas de inventário e nas especificações de funções de gestão e suporte.

Finalmente, no planeamento de capacidade deve considerar-se as economias de escala associadas aos grandes volumes de produção, a curva da experiência associada à produção acumulada e a flexibilidade da capacidade associada às fábricas, aos processos ou às pessoas.

2.2.3.4 Medidas de Performance

Qualquer empresa pretende melhorar o seu desempenho ao longo do tempo e relativamente aos seus concorrentes. Ao nível operacional, o objectivo é de uma forma geral o aumento do volume de produção[83] com a redução simultânea de inventário e despesas operacionais. Para

tal, a empresa deve melhorar a sua produtividade, isto é, levar a cabo um conjunto de acções que a aproximem das suas metas (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

Assim, para avaliar o cumprimento do referido objectivo e, consequentemente, a competitividade de um processo, é necessária a selecção de indicadores. Destacam-se, neste contexto, a eficácia, o tempo de resposta, a eficiência operacional[51], a produtividade, o tempo de passagem[73], a utilização e o volume de produção.

2.2.4 Planeamento da Produção

Para além da análise e da concepção dos processos de produção, a função de gestão da produção assume responsabilidades de logística. Entende-se aqui por logística o conjunto de funções de gestão de apoio ao ciclo de fluxo de materiais, desde as compras e o controlo interno da produção, até à distribuição do produto acabado, passando pelo planeamento e controlo do WIP.

Assim, para que os sistemas de produção possam responder às exigências dos clientes, é também fundamental o processo de planeamento da produção. Este processo consiste num conjunto de metodologias que permitem a melhoria do serviço prestado ao cliente, a redução de inventário, a redução de tempos de resposta, a estabilização das taxas de produção e o relacionamento da produção com a gestão de topo (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

O planeamento da produção é fundamental para equilibrar a procura e o fornecimento, alinhando o plano operacional com o plano de negócios da empresa. De forma a cumprir este equilíbrio, são necessários diferentes níveis de planeamento, explicitados de seguida.

2.2.4.1 Níveis de Detalhe

Planeamento Agregado da Produção

Reflecte a dinâmica entre as previsões de procura agregada e os custos de variabilidade dos níveis de trabalho e de inventário. Pretende minimizar os custos dos recursos requeridos para satisfazer a procura ao longo do tempo. O horizonte temporal é de um ano ou mais, resultando num mapa com as quantidades de produção e de compras e a utilização de recursos.

Garantindo a capacidade agregada necessária, a procura de curto prazo é satisfeita a partir de programações das ordens de produtos individuais por períodos mais reduzidos.

Planeamento *Master*

Especifica o tempo e a dimensão das quantidades de produção, resultando num mapa de programação com as necessidades internas e externas a serem cumpridas pela produção, baseado em encomendas firmes e previsões de procura e consumo. Este mapa inclui a programação *master*, o planeamento de necessidades de materiais e as ordens de entrada.

As ordens, depois de tratadas na *Master Production Schedule* (MPS), que gera as quantidades e as datas de produção de cada artigo, são comparadas com a capacidade da fábrica (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

Programação Global

Considera os problemas específicos da linha de produção, de acordo com a combinação de dimensionamento de lotes e *layout*, que resultam em restrições de programação e

sequenciamento. Por exemplo, no caso de produção customizada, surgem dificuldades e especificidades como a exigência de engenharia prévia e de ordens únicas de materiais.

Nesta fase, é frequente a utilização de *Materials Requirements Planning* (MRP)[45], que parte dos requisitos do produto final da MPS e separa-os em todos os seus componentes para gerar o mapa de necessidades de material. O plano final inclui a programação e o sequenciamento diários ou semanais das tarefas nos centros de trabalho ou máquinas.

Programação Detalhada

Consiste na alocação de recursos limitados a tarefas, ao longo do tempo, com o objectivo de optimizar a utilização dos 6M, assegurando QCD. O mapa de programação é, então, a sequência de trabalhos para cada centro de trabalho, equipamento ou pessoa do sistema de produção, que optimiza a função objectivo sujeita a constrangimentos de produto, processo ou recursos.

2.2.4.2 Ferramentas

Nos anos 80, começou a usar-se sistemas de processamento de operações *online*, focando inicialmente o MRP, e evoluindo depois para o *Manufacturing Resource Planning* (MRP II). Mais tarde, surgiram os *Enterprise Resource Planning* (ERP)[25] (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

No entanto, estas técnicas são adequadas a sistemas de produção do tipo MTS, que apresentam as dificuldades da gestão de inventário e da pouca fiabilidade de previsões de vendas. A tendência actual de utilização de modelos mais vocacionados para MTO ainda mantém a necessidade de coordenação entre compras de materiais, produção dos produtos e entrega de produtos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

Assim, actualmente surgem sistemas de gestão de fluxos de informação híbridos, isto é, que conciliam a capacidade de integração e de planeamento de MRP com a qualidade de resposta de um sistema *Just-in-time* (descrito mais à frente), sustentados frequentemente por ERP. Estes novos sistemas já possuem funcionalidades como a análise da carga de trabalho de cada centro de trabalho ou o feedback de informação a partir dos *outputs* e têm a vantagem de beneficiar da integração de abordagens de melhoria de produção com um sistema de planeamento e controlo potente.

2.2.4.3 Programação

A um nível mais operacional e detalhado, pode então falar-se em programação da produção. Os sistemas de programação, também referidos no capítulo 2.3 de gestão de projectos, podem ser classificados por critérios como (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006):

- Carregamento infinito ou finito – diferenciados pela consideração detalhada da capacidade de cada centro de trabalho;
- *Foward*[59] ou *backward*[58] *scheduling* – distinguem-se pelo sentido do sequenciamento das operações;
- Processo limitado por equipamentos ou pessoas – dependem do recurso crítico para a programação.

Chase, Jacobs e Aquilano definem as seguintes funções de programação e controlo (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006):

- Alocação de ordens, equipamentos e pessoas aos centros de trabalho (planeamento de capacidade de curto prazo);
- Determinação da sequência das tarefas;
- Início das tarefas programadas;
- Controlo da produção, que inclui a visualização do *status*[68], o controlo do progresso das ordens e aceleração das ordens críticas e atrasadas.

Finalmente, a programação dos centros de trabalho contribui para a melhoria dos processos, através da satisfação dos seguintes objectivos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006):

- Cumprimento de prazos;
- Minimização do tempo de resposta;
- Minimização dos tempos e custos de *setup*;
- Minimização do inventário de WIP.

2.2.5 Produção Lean

Actualmente, é fundamental ter sistemas de gestão que maximizem o valor acrescentado de cada actividade de uma empresa. Assim, os métodos descritos anteriormente ainda podem ser melhorados ou substituídos por novas práticas que abordam os sistemas de produção como um todo, na procura da satisfação do cliente, quer em quantidade, quer em qualidade.

A filosofia *Lean*, sustentada pela eliminação gradual do desperdício e pela criação de valor, procura responder estes desafios. Uma empresa que aplique a lógica *Lean* obterá, à partida, fluxos de materiais e de informação mais eficientes, processos mais estáveis e optimizados e *outputs* de melhor qualidade.

Esta filosofia baseia-se, então, na eliminação da variabilidade como ponto de partida para a minimização de inventário ou de recursos necessários. A estratégia consiste essencialmente na aplicação de metodologias que permitam a localização próxima de processos ligados, a normalização de procedimentos, a eliminação de recuos, o trabalho contínuo, o equilíbrio das cargas ou a apresentação de resultados de performance (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

De seguida, define-se desperdício, uma vez que a sua eliminação é o principal objectivo desta filosofia. Posteriormente, referem-se os principais fundamentos e ferramentas habitualmente utilizados na produção *Lean*, isto é, as diferentes estratégias que permitem o cumprimento desse objectivo.

Desperdício

Por definição, desperdício é qualquer actividade que, para além de não criar valor, aumenta custos, pelo consumo de espaço, tempo, recursos ou dinheiro, pela criação de inventário ou pelo aumento da probabilidade de acidentes ou defeitos. A principal metodologia de uma produção *Lean* baseia-se na diminuição das irregularidades através da eliminação dos diferentes tipos de desperdício existentes:

- Excesso de processamento – tarefa ou processo que não acrescenta valor ao produto;
- Defeito – trabalho com erros, retrabalho ou engano;
- Movimentação – movimento inútil de pessoas;
- Inventário – mais artigos disponíveis do que os que o cliente necessita; relacionado com produção em excesso;

- Espera – falta de disponibilidade de materiais, ferramentas, pessoas ou equipamentos;
- Transporte – movimento de artigos;
- Excesso de produção – produção superior às necessidades ou com demasiada antecedência.

Estes desperdícios são gerados devido a uma grande diversidade de factores, entre eles: más previsões, precauções exageradas, *setups* elevados, produção em grandes lotes, produção por *push*[67], áreas de trabalho desorganizadas, carga de trabalho não uniforme, falta de fluxo, fraca comunicação interna e com fornecedores e clientes, equipamentos pouco eficientes. Para combater estas causas, existem várias metodologias *Lean*, cada uma adequada a um ou mais tipos de desperdício.

2.2.5.1 Fundamentos Lean

A melhoria contínua, consistindo no conjunto de actividades sistemáticas realizadas no sentido de melhoria do desempenho dos sistemas, processos e produtos, é imprescindível para uma empresa poder assumir o compromisso de entrega de produtos de qualidade através de processos eficientes.

Para tal, devem ser seguidos alguns princípios fundamentais, em termos operacionais, que reduzam o desperdício, melhorem os fluxos de informação e giram a variabilidade de resultados, contribuindo para o aumento da qualidade e da produtividade. Os 5S[1] e a gestão visual[31] devem estar na base de uma produção *Lean* e a normalização[50] deve estar na sequência dos procedimentos de concepção ou melhoria dos sistemas de produção, contribuindo para a sua sustentabilidade.

2.2.5.2 Ferramentas Lean

Numa abordagem mais estratégica, surge um conjunto de metodologias que permitem a melhoria da qualidade e da produtividade dos sistemas de produção, baseadas no controlo da qualidade, na gestão de fluxos e na melhoria de eficiência dos equipamentos. No contexto deste projecto, a gestão de fluxos assume maior relevância, sendo portanto abordada de seguida.

2.2.5.2.1 Total Flow Management

Esta ferramenta é possivelmente a mais relevante no âmbito da metodologia *Lean*. Tem por objectivo optimizar os processos através da criação de fluxos na totalidade da cadeia de abastecimento, desde a produção, logística interna e logística externa. Na produção, os postos de trabalho estão dispostos sequencialmente de acordo com o processo produtivo, sendo que os artigos fluem de um posto para o seguinte, em linhas de fluxo unitário pela ordem em que os processos são executados. Ao nível da logística interna, a gestão de fluxos exige uma coordenação completa entre logística e produção. Finalmente, as relações com fornecedores devem permitir a entrega regular das matérias-primas solicitadas por ordens na produção que, por sua vez, foram geradas a partir de ordens dos clientes.

De seguida apresentam-se os principais procedimentos a executar, tendo em vista a optimização de fluxos no âmbito da filosofia *Lean*.

Value Stream Mapping

A distinção entre as actividades que criam valor e as que não criam valor deve estar na origem da melhoria dos processos de produção. *Value Stream Mapping* (VSM) consiste numa

ferramenta qualitativa *Lean* para eliminar o desperdício, a partir do estudo de toda a cadeia de valor do processo, desde a recepção de matérias-primas até à entrega dos bens ao cliente (Lee & Snyder, 2006).

O VSM é um método sistemático de identificação de todas as actividades necessárias para produzir um produto. Numa primeira fase é feito o levantamento do fluxo de informação e de materiais actual, em mapas desenhados à mão com base na observação do *gemba*[30]. Posteriormente, estudam-se os objectivos e procede-se ao mapeamento do estado futuro da cadeia de valor (*Value Stream Design*), tendo como princípio primário a eliminação de desperdícios que a parem ou abrandem e secundário a maximização da velocidade (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

***Just-in-time* (JIT)**

Este método fundamenta-se na eliminação de desperdício e variabilidade, através da redução do inventário às quantidades mínimas e da exclusão de actividades sem valor acrescentado. Um sistema JIT coordena os fluxos de informação (programação da produção) com os fluxos de materiais (produção e logística), com o intuito de apresentar uma boa capacidade de resposta rápida a alterações de procura.

O processamento e a movimentação de materiais ocorrem à medida que estes são necessários, habitualmente em pequenos lotes. Esta ideia pode ser sintetizada no objectivo de produzir apenas o necessário na quantidade necessária e no momento necessário. O resultado previsível e desejável é a diminuição de inventário e da força de trabalho, com consequente aumento da produtividade e redução dos custos (Monden, 1983).

Programação em Pull

O sistema clássico de gestão da produção, no qual cada elemento da cadeia de valor define as quantidades que produz, empurrando-as para o seu cliente, tem sérios inconvenientes. De facto, este tipo de programação baseia-se em sistemas de planeamento e controlo rígidos, sustentados por previsões e não orientados ao mercado, implicando uma grande variabilidade de inventário.

Assim, a filosofia *Lean* e, portanto, o sistema JIT utilizam um planeamento da produção por *pull*[66], isto é, as actividades de produção só se iniciam na sequência de um pedido ou ordem do cliente. As operações acontecem das fases finais até às iniciais e implicam a produção e a entrega na sequência e nos tempos certos. Este processo fundamenta-se na simplificação de processos, na qual um consumo dá origem a uma reposição, quer se trate de artigos de armazém (MTS) ou de artigos de encomenda (MTO).

A única análise no âmbito de sistemas JIT feita com base em previsões é a de planeamento de capacidade, uma vez que seria complicado ajustar as necessidades de recursos para períodos inferiores a um mês. Em paralelo com esta análise, um sistema *pull* requer também um plano de execução, que consiste na forma de abastecer a linha com a informação do planeamento de produção, isto é, num sistema que ligue o fluxo de informação ao fluxo de materiais.

Nivelamento

Para permitir um bom funcionamento do sistema *Lean*, é importante que as entradas de encomendas resultem em ordens relativamente uniformes ao longo do tempo. Para tal, pode utilizar-se um tipo de programação, denominado *Heijunka*[33], que implica um nivelamento[49] da carga de trabalho, através de um planeamento em ciclos menores, tendo por objectivo garantir

um fluxo contínuo de materiais pela fábrica, minimizando falta de material, produção em excesso, *stocks* e tempos de espera.

A produção de um volume e *mix* regulares ao longo do tempo reduz as perturbações de uma produção inconstante e suaviza o consumo de componentes e matérias-primas. Em termos de sincronização com o planeamento de capacidade, o nivelamento da produção dispensa redimensionamentos frequentes de pessoal para manter uma produtividade elevada.

Ferramentas de Apoio

Na prática, para que os fluxos de informação e de materiais funcionem de forma coordenada e sustentável, ou seja, para que o sistema JIT funcione, a programação por *pull* e o nivelamento exigem o auxílio de outras ferramentas complementares entre si. Entre elas destacam-se caixas de logística e de nivelamento, supermercados[69], *Mizusumashi*[47], trabalho normalizado, *Kanban*[36] ou organização do bordo de linha. Desta forma, obtêm-se melhorias no lançamento de ordens e no abastecimento com artigos, nos postos de trabalho e nas linhas.

2.3 Gestão de Projectos

De forma a permitir um melhor enquadramento desta área no âmbito do desenvolvimento da nova ferramenta de planeamento e controlo da produção, segue-se uma pequena introdução aos conceitos fundamentais na gestão de projectos (Figura 10). Posteriormente, é feita uma estruturação da metodologia em causa, assim como a descrição das principais fases e ferramentas utilizadas. Considera-se, de seguida, relevante a abordagem aos factores críticos na gestão de projectos como sendo a importância do gestor dos projectos[32] e os recursos utilizados; referem-se alguns dos factores que podem, genericamente, levar projectos ao sucesso ou fracasso; finalmente, no contexto do projecto, é feita uma pequena introdução à gestão de portefólios de projectos.

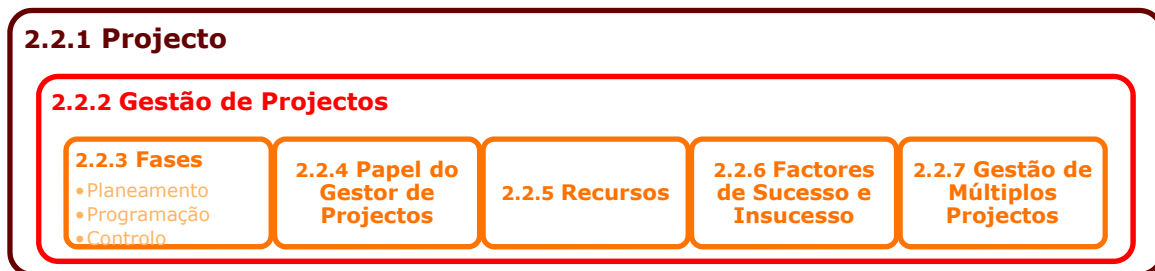



Figura 10 – Esquema do Conteúdo do Capítulo 2.3 Gestão de Projectos

2.3.1 Projecto

Tendo como intuito a compreensão da gestão de projectos como um dos três elementos de sustentação da ferramenta, o primeiro passo consiste em clarificar o conceito de projecto.

Segundo Juran, projecto é um problema programado para uma solução. Lewis acrescenta que problema é a distância entre onde se está e onde se quer estar, com um obstáculo entre ambos os pontos que impede a fácil anulação dessa mesma distância (Lewis, 1995).

Projecto pode também ser visto, numa óptica mais concreta, como um conjunto de actividades que devem ser levadas a cabo de forma a cumprir objectivos delineados num tempo definido com recursos disponíveis. Um projecto tem um início e um fim e passa por diversas fases até estar concluído. Há autores que defendem ainda que cada projecto é caracterizado por três atributos principais: escalonamento, recursos e fim (SmartWorks, 2006).

Já Oliveira e Bly apresentam abordagens semelhantes. O primeiro define projecto como "um conjunto de actividades inter-relacionadas, que têm duração, usam e consomem recursos e se desencadeiam com três objectivos" que diferem ligeiramente dos anteriores: o de prazo, o de custo e o de concretização. O autor acrescenta que estes três objectivos são interactivos, na medida em que a variação de um deles implica a variação de pelo menos um dos outros dois (Oliveira, 2007). Por sua vez, o segundo autor define-o como uma série de eventos semi--caóticos que devem ser devidamente acompanhados, compreendidos e administrados ao longo do tempo a fim de atingir os objectivos estabelecidos (Bly, 2004).

2.3.2 Âmbito da Gestão de Projectos

Explicitado o conceito de projecto, o passo seguinte é a definição de gestão de projectos. De facto, há quem pense que este processo não é mais do que a programação de um conjunto de tarefas[70]; no entanto, a gestão de projectos engloba uma série de procedimentos de grande complexidade e relevância, podendo ser identificada como um factor crítico de sucesso.

A gestão de projectos pode ser considerada a terceira dimensão de um projecto, depois da humana e da técnica, assegurando a utilização eficaz e eficiente dos recursos e contribuindo de modo decisivo para a concretização dos objectivos estabelecidos (Oliveira, 2007). Por outras palavras, gestão de projectos refere-se ao planeamento, à programação e ao controlo das actividades dos projectos de forma a cumprir os respectivos objectivos. Em concordância com os atributos definidos no tutorial do SmartWorks, Lewis afirma que esses objectivos incluem tempo, custos e desempenho, mantendo simultaneamente o fim a que se destina o projecto. Comparativamente com a gestão corrente, a gestão de projectos adiciona as dificuldades de um trabalho único, face a trabalhos contínuos ou repetitivos (Lewis, 1995).

Desta forma, a gestão de projectos reduz lacunas de tempo, custo e qualidade, sendo que o seu êxito é atingido apenas quando esses três objectivos são rigorosamente cumpridos. De facto, apesar de algumas empresas ainda estarem a dar início à gestão de projectos, diversos autores consideram-na como uma ferramenta estratégica indispensável para permanecer competitivo no actual ambiente de negócios. Além disso, para garantir a liderança nos mercados, a gestão de projectos deve ser alinhada e integrada com os objectivos estratégicos (Kerzner, 2001).

2.3.3 Fases do Processo de Gestão de Projectos

Teoricamente, os processos de gestão de projectos são apresentados como elementos discretos. No entanto, na prática eles sobrepõem-se e interagem segundo formas complexas, podendo ser representados pelo ciclo PDCA[13].

A natureza dos processos em análise é, porém, ligeiramente mais complexa do que o ciclo PDCA básico, podendo aplicar-se um ciclo adaptado (Figura 11). Neste caso, planeamento corresponde ao *plan*, a execução ao *do* e a monitorização e controlo ao *check and act.* Pode ainda acrescentar-se que, uma vez que a metodologia em estudo é um processo finito, o início começa estes ciclos e a conclusão encerra-os. O processo de monitorização e controlo interage com os restantes, devido à natureza integrativa do processo de gestão de projectos (Project Management Institute, Inc., 2004).

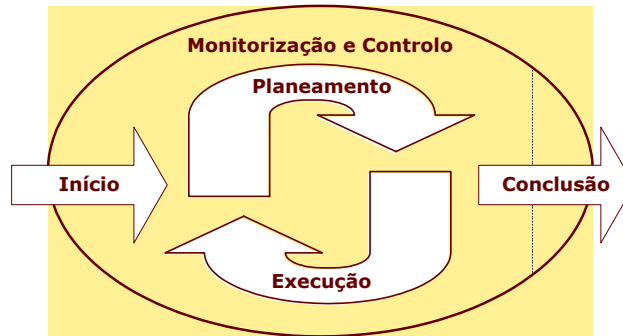



Figura 11 – Processo de Gestão de Projectos adaptado ao ciclo PDCA
Fonte: (Project Management Institute, Inc., 2004)

No entanto, considera-se mais adequada, no contexto do projecto em análise, a abordagem de gestão de actividades esquematizada pela Figura 12, que consiste na utilização sistemática, conjugada, iterativa e interactiva das fases de planeamento, programação e controlo (Oliveira, 2007).

De uma forma sucinta, cada uma destas funções pode ser discriminada num conjunto de tarefas, como indicado na Figura 13.

Planeamento
Programação
Controlo

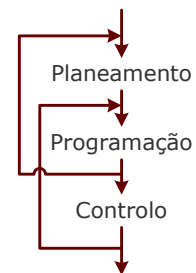



Figura 12 – Processo Iterativo de Gestão de Actividades

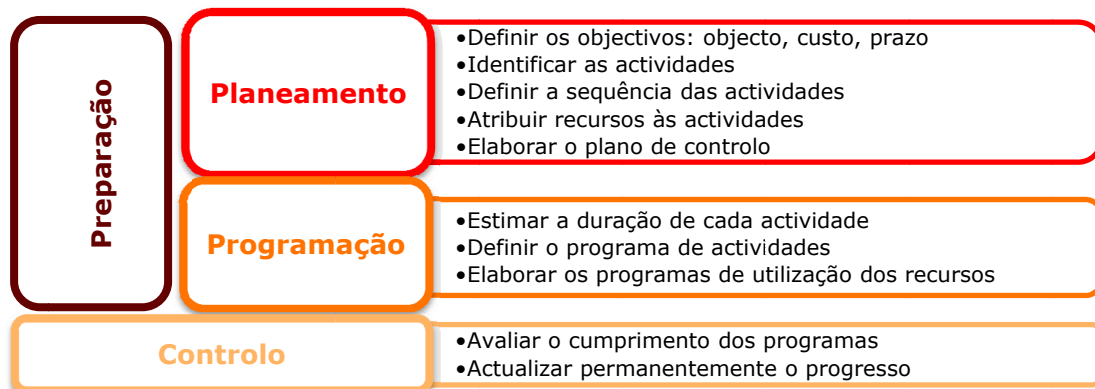



Figura 13 – Etapas da Gestão de Projectos

Uma vez que todas elas assumem grande relevância no desenvolvimento da ferramenta, encontram-se descritas em maior detalhe de seguida.

2.3.3.1 Planeamento

De facto, para exercer as suas actividades com sucesso, qualquer empresa necessita de uma boa metodologia de planeamento de projectos. De acordo com a Figura 13, planeamento consiste em responder a perguntas relativas a estimativas ("quanto tempo?" e "quanto dinheiro?"), alocação de recursos ("quem?") e identificação das actividades ("o quê?") (Lewis, 1995). O plano de um projecto envolve, desta forma, o desenho dos planos de tarefas, de recursos e de sequência, sujeito aos diversos constrangimentos.

Assim, pode considerar-se o planeamento como sendo um processo de refinamento, no qual cada iteração é mais pormenorizada e mais precisa do que a anterior (Hughes & Cotterell, 2006), cujo objectivo é permitir o melhor resultado para a execução do projecto, em função das respostas às perguntas referidas.

Contudo, evidentemente que seria demasiado idealista assumir que um plano, depois de desenvolvido, nunca é alterado. Na verdade, há sempre obstáculos que não são previstos *a priori*, tais como pormenores que passaram despercebidos, dificuldades inesperadas, esquecimentos ou problemas desadequadamente definidos.

Planeamento Estratégico na Gestão de Projectos

Pode dizer-se que planeamento, genericamente, é a primeira fase no processo de gestão, de acordo com o ciclo PDCA conhecido, que consiste em reunir os meios e decidir modos de actuação, isto é, definir a estratégia, para alcançar os objectivos mensuráveis seleccionados. Assim, o planeamento estratégico da gestão de projectos numa empresa é fundamental. Todas as fases e respectivas tarefas da gestão de todos os projectos devem seguir uma metodologia normalizada, desenvolvida *a priori*. Estes procedimentos podem e devem ser executados repetidamente, aumentando a consistência de actuação e, portanto, a probabilidade de sucesso no cumprimento dos objectivos (Kerzner, 2001).

As metodologias desenvolvidas no planeamento estratégico evitam que cada parte envolvida nos projectos actue na sua própria direcção e, desta forma, alinham toda a empresa na direcção do mesmo objectivo comum. Além disso, representam um veículo de comunicação dos objectivos desde o nível mais baixo e operacional, até ao mais alto e estratégico, motivando as pessoas a trabalhar com um propósito concreto que conhecem. Finalmente, uma vez que o planeamento é, por defeito, um processo racional e logicamente ordenado, é sempre benéfico no apoio às operações quotidianas, proporcionando lógica às tomadas de decisão.

Para além da procura constante de executar mais trabalho em menos tempo e com menos recursos, uma das tarefas fundamentais no planeamento estratégico, como foi referido no âmbito da gestão da produção, consiste no desenvolvimento de modelos de planeamento da capacidade, com o objectivo de verificar quanto trabalho a empresa pode e deve realizar. Para tal, é necessário ter em conta a conjuntura de limitações relativas a recursos humanos, tempo, equipamentos, dinheiro e tecnologia (Kerzner, 2001).

2.3.3.2 Programação

Esta metodologia é essencial na gestão de projectos, na medida em que torna claro para todos os intervenientes quando é que é previsto ter o trabalho concluído. No entanto, é importante ter presente que programação é apenas uma ferramenta de gestão de projectos e que para se fazer uma gestão de projectos eficaz e eficiente, não é suficiente adquirir um software de programação. Pelo contrário, para se poder tirar proveito de uma utilização eficaz dos programas, é imprescindível dominar todos os fundamentos e técnicas de gestão de projectos (Lewis, 1995).

A programação está directamente dependente do planeamento do projecto, utilizando-o como *input*, e é indispensável para o início da execução do projecto. As principais tarefas desta fase encontram-se também na Figura 13 e consistem, fundamentalmente, na definição de datas de início[18] e de conclusão[16] de cada tarefa e da utilização de cada recurso (no tempo e em quantidade). Quando o plano está refinado a este nível de detalhe, pode chamar-se mapa da programação.

Técnicas de Programação

Durante esta fase, tenta, então, assegurar-se que o plano pode ser cumprido na escala pretendida com os recursos alocados, através do auxílio de métodos adequados. Entre estes,

destacam-se a *Work Breakdown Structure* (WBS), o diagrama de Gantt, o *Critical Path Method* (CPM) e a *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Todos eles existem há dezenas de anos; no entanto, continuam a ser indiscutivelmente úteis e utilizados nos programas informáticos de suporte da gestão de projectos.

Work Breakdown Structure

Esta metodologia deve ser aplicada antes do escalonamento e implica a divisão hierárquica do objectivo principal do projecto num conjunto de tarefas facilmente controláveis, desdobradas em níveis sucessivamente mais finos. Diversos autores defendem que esse conjunto deve ser definido através das seguintes propriedades (SmartWorks, 2006) (Lewis, 1995):

- As actividades do último nível não devem durar mais de três a cinco semanas (de forma a garantir um nível de especificação que viabilize a gestão);
- Deve ter entre dois e vinte níveis;
- As dependências, quer devidas à natureza intrínseca das actividades, quer devidas a constrangimentos de recursos, devem ser identificadas.

Diagrama de Gantt

Esta é uma das ferramentas de gestão para planeamento e programação de projectos, criada por Henry Gantt no início do século XX. Consiste numa representação do progresso de actividades através de um gráfico de barras.

A sua utilidade está mais vocacionada para a fase de execução ou controlo do projecto, uma vez que permite a identificação imediata das tarefas em curso numa determinada data. Ainda é utilizado actualmente, pela sua simplicidade de elaboração e leitura, facilitando a comunicação do que deve ser feito e quando, a cada um dos intervenientes nos projectos.

Critical Path Method

O Método do Caminho Crítico foi desenvolvido pelas empresas DuPont e Remington Rand no final da década de 50. Como técnica de planeamento e programação, o CPM tem como principal intuito programar os projectos de forma a que eles sejam concluídos a tempo, de acordo com os constrangimentos dos diversos recursos (Bly, 2004).

Esta ferramenta utiliza um modelo determinístico, ou seja, a duração das actividades[22] e o custo são conhecidos com rigor. Através dessas durações e das relações de precedência entre actividades, é identificada a sequência de actividades que determinam a duração do projecto (caminho crítico[8]).

O CPM é útil nas fases de planeamento, de programação e de controlo de um projecto, dada a facilidade de aplicação e flexibilidade.

Program Evaluation and Review Technique

Esta técnica foi desenvolvida pela marinha dos EUA na mesma época do CPM, diferenciando-se deste último essencialmente por usar um modelo probabilístico. Parte também do princípio que as tarefas e as suas relações de precedência na rede foram bem definidas, mas admite incerteza nos tempos de duração das actividades (Bly, 2004).

Tal como o CMP, o PERT baseia-se no caminho crítico e utiliza diagramas de rede[21] para representar as interdependências (relações em série ou em paralelo) entre as diversas actividades dos projectos. Desta forma, é possível visualizar facilmente a sequência segundo a qual o trabalho é executado e prever se é possível cumprir os prazos estabelecidos.

Alocação de Recursos

No processo de programação, como já foi referido, é imprescindível considerar-se a alocação de recursos. De outra forma seria impossível cumprir o mapa de programação. Para garantir que as tarefas são executadas dentro do tempo estipulado e que os prazos planeados são cumpridos, a utilização de recursos deve ser ajustada especialmente no caminho crítico, quer alocando mais recursos ou trabalhando horas extraordinárias.

A criticidade deste factor prende-se, sobretudo, com o frequente adiamento do início das tarefas até à data mais tarde, o que leva à eliminação de folgas e constante necessidade de recorrer a trabalho extraordinário (que devia acontecer só excepcionalmente). A programação não deve contar com trabalho extraordinário para cumprir prazos, dado que se surgir um problema não previsto pode tornar-se impossível resolvê-lo com mais trabalho extraordinário (Lewis, 1995).

2.3.3.3 Controlo

Os planos são desenvolvidos com o objectivo de se atingir os resultados pretendidos com sucesso. No entanto, na ausência de monitorização do progresso, não é possível perceber se o projecto foi desenvolvido com êxito; e na ausência de controlo, é provável que a distância ao melhor caminho para o sucesso aumente. Assim, durante o curso do projecto, desde a publicação dos mapas de programação, até à última entrega chegar ao cliente, a monitorização constante e o replaneamento devem assegurar o progresso, corrigindo qualquer desvio ou imprevisto que possa impedir o cumprimento de prazos ou custos.

As principais actividades desta fase incluem a monitorização constante do andamento das actividades; a comparação entre os resultados realizados e os planeados e, no caso de estes divergirem, a tomada de medidas correctivas que levem o projecto de volta aos objectivos estabelecidos ou a própria revisão dos objectivos de forma a reflectir a realidade (Figura 13). O controlo de um projecto consiste assim, num processo contínuo de monitorização do progresso e, assim que necessário, na revisão do plano tendo em conta eventuais desvios (Hughes & Cotterell, 2006).

Como foi referido anteriormente, estas verificações devem ser feitas relativamente aos três atributos de um projecto: tempo, custo e resultado. É importante que estas revisões sejam simples e úteis, isto é, que requeiram o menor esforço necessário para garantir os resultados pretendidos. Uma vez que é impossível fazer previsões 100% correctas e que há sempre uma grande probabilidade de surgirem problemas não esperados, é importante que o controlo seja feito de uma forma ordenada, seguindo procedimentos *standards*. Por exemplo, definir uma percentagem de tolerância até à qual os desvios não implicam alterações, auditar periodicamente o projecto, verificar periodicamente se os relatórios gerados estão a ser usados ou registar as causas dos desvios para referência nos planeamentos posteriores (Lewis, 1995).

A recolha e a transmissão da informação podem ser feitas de diversas formas, segundo combinações entre escrita ou oral, formal ou informal, regular ou *ad hoc*. De qualquer forma, deve ser definida uma frequência para verificação do progresso, como reuniões semanais, ou também momentos importantes do projecto em que devem ser analisados os resultados intermédios (Project Management Institute, Inc., 2004). Tal como na programação, também no controlo é importante o auxílio de algumas técnicas, tais como o diagrama de Gantt, para uma mais fácil leitura do progresso.

Quando surgem imponderáveis, cabe ao gestor do projecto corrigir ou atenuar os efeitos subsequentes. Frequentemente, tenta-se manter o prazo do projecto inalterado, diminuindo as durações das tarefas em falta. No entanto, por vezes não é a solução mais apropriada, uma vez que é necessário ter em atenção o *trade-off* entre custos de horas extraordinárias e custos de atraso de entrega ao cliente. Assim, podem ser delineadas outras estratégias para trazer o projecto de volta aos objectivos: encurtar apenas a duração do caminho crítico ou relaxar alguns dos constrangimentos de precedências (Hughes & Cotterell, 2006).

2.3.4 Papel do Gestor dos Projectos

De forma a garantir que todos os procedimentos da gestão de projectos sejam realizados, preferencialmente, da forma mais favorável para um processo eficiente, é imprescindível o papel do gestor dos projectos. Este cargo suporta o poder executivo e respectiva assunção de responsabilidades, assim como confere autoridade para todo o tipo de tomada de decisões. Pode assim dizer-se que o gestor dos projectos é, de facto, uma figura chave para o êxito dos projectos.

O desempenho deste papel compreende, fundamentalmente, as seguintes funções (Brand, 1998):

- Definição, eventuais alterações e cumprimento dos objectivos;
- Planeamento e programação (identificação das actividades, dos recursos a utilizar, dos prazos e custos, antecipação de riscos);
- Execução e controlo (concretização e tomada de decisões, por vezes medidas correctivas, garantido o progresso);
- Coordenação dos recursos (especificação inequívoca de tarefas atribuídas e dependências, moderação de conflitos, motivação);
- Comunicação eficaz a nível interno (equilíbrio entre realismo e motivação) e contacto com entidades externas.

De acordo com os atributos mencionados, conclui-se, então, que um gestor de projectos deve ter um perfil assente em três grandes vertentes: técnica, de gestão e de relações humanas. Da sua assertividade dependerá o sucesso do projecto.

2.3.5 Recursos

Em todas as fases da gestão de projectos, os recursos, representam o principal constrangimento nas tomadas de decisão. Uma vez que são limitados, por vezes insuficientes, e frequentemente inter-relacionados, requerem especial cuidado no seu tratamento.

De facto, ao longo do curso de um projecto, os recursos não são constantes, visto que cada actividade requer recursos diferentes em natureza e em quantidade. As principais variáveis de decisão na alocação de recursos são, então, o tempo, a quantidade e o tipo.

Relativamente ao seu tipo, os recursos podem ser classificados pelos 4M conhecidos (Oliveira, 2007):

- Mão-de-obra (recursos humanos);
- Máquinas (equipamentos);
- Materiais;
- Moeda (dinheiro).

De forma a optimizar a utilização dos recursos e a facilitar a gestão de actividades, utiliza-se a técnica de nivelamento, que tenta distribuir de uma forma uniforme as necessidades de cada recurso ao longo de períodos de tempo determinados. Para além do tipo, definem-se, então, as quantidades de cada recurso a alocar no momento certo e durante o período mínimo necessário.

Esta relação de dependência entre recursos e tempo, assim como entre os diversos tipos de recursos, é ainda relevante no contexto da gestão do prazo. Na gestão de projectos, são comuns situações como incentivos monetários à redução do prazo contratual ou necessidades de recuperar atrasos para evitar pagamentos de multas. Frequentemente, em ambos os casos não existem folgas nas actividades que permitam a transferência de recursos de forma a reduzir o tempo de execução. Assim, é necessário recorrer a outras estratégias, como alocação de mais recursos humanos, utilização de mais ou melhores equipamentos, recurso a trabalho extraordinário ou redução do alcance dos objectivos. Interessa, então, encontrar o melhor *trade-off* entre o aumento dos custos directos e o benefício resultante da diminuição do prazo, ou seja, o prazo reduzido que se obtém com o menor acréscimo de custo (Oliveira, 2007).

2.3.6 Factores de Sucesso e Insucesso

Sucesso

Sucesso pode ser definido como o alcance dos objectivos no tempo planeado, com o custo orçamentado, apresentando a qualidade e desempenho pré-definidos, recorrendo ao mínimo de alterações e sem perturbar o funcionamento comum da organização (Kerzner, 2001).

Diversas condições podem conduzir um projecto ao sucesso, tais como a adequabilidade do planeamento ou mesmo o software de apoio à programação e controlo. No entanto, a maioria dos autores defende que ter os recursos humanos certos e saber geri-los bem são os factores críticos de sucesso de um projecto.

Lewis refere que a alocação dos recursos deve ser o principal foco de atenção na gestão de projectos, até porque representa uma das mais complicadas tarefas. O autor acrescenta ainda que o sistema de gestão de projectos deve ser sustentado, como um todo, por factores humanos, métodos, cultura, organização, planeamento, informação e controlo (Lewis, 1995). A estandardização, automação e integração de procedimentos reduz frequentemente esforços desnecessários, contribuindo positivamente para o êxito de um projecto.

Apesar das diversas teorias existentes, pode dizer-se que frequentemente uma boa gestão, assente na simplicidade e no senso comum é condição necessária e possivelmente suficiente para o sucesso.

Insucesso

Apesar de muitas vezes o problema estar na definição de objectivos irrealistas, pode considerar-se que fracasso é o não cumprimento dos mesmos, isto é, a gestão de um projecto fracassa quando os resultados finais diferem das expectativas iniciais. Assim, podem distinguir-se dois tipos de fracasso: fracasso de planeamento – definição de expectativas não razoáveis, ou diferença entre o que foi planeado e o que seria realmente alcançável – e fracasso real – fraco desempenho, ou diferença entre o que seria realmente alcançável e o que se alcançou (Kerzner, 2001).

Relativamente ao segundo tipo de fracasso, sabe-se que na prática é frequente os projectos falharem, em termos de prazo, económicos ou mesmo técnicos, pelos mais diversos motivos.

De seguida, apresentam-se alguns tipos de erros que devem ser alvo de atenção de forma a evitar o insucesso (Brand, 1998):

- Deficiências no planeamento e na programação (tarefas demasiado longas, falha na análise de risco, ausência de utilização de históricos, erros na definição do calendário[7]);
- Deficiências na gestão e tomada de decisões, que provocam acumulação de atrasos e alargamento de prazos;
- Ausência de planificação, que pode dar origem à realização das tarefas de forma desordenada e à medida que se apresentam dificuldades;
- Atribuição de um gestor de projecto com responsabilidades de coordenação, mas sem autoridade para tomada de decisões;
- Desenvolvimento de sistemas de gestão e de controlo demasiadamente complexos, cuja utilidade não compensa os recursos despendidos;
- Descuramento de algum dos três objectivos do projecto, que pode levar ao fracasso no cumprimento do mesmo.

2.3.7 Gestão de Múltiplos Projectos

Todos os desafios descritos até então tornam-se ainda mais complicados quando se trata de um portefólio de projectos interdependentes com recursos partilhados e objectivos estratégicos comuns. Uma empresa que gira múltiplos projectos tem que alterar e adaptar as funções de prioritização, alteração de esferas de acção, planeamento de capacidade, metodologia de gestão de projectos, iniciação de projectos e estruturas organizativas (Kerzner, 2001). A capacidade de gerir projectos em ambientes desta complexidade e volatilidade é um factor claramente diferenciador para a respectiva empresa (Bly, 2004).

Para tal, são necessárias novas metodologias e novas ferramentas. Por exemplo, o gestor dos projectos passa a gerir escalonamentos, coordenar recursos internos e externos e lidar com alterações a uma escala proporcional à dimensão do portefólio. A gestão de datas de entrega é substituída por controlo e gestão do desempenho dos projectos em tempo real, nunca descurando do impacto de cada projecto no contexto estratégico da organização. Em termos de aplicações, estas também devem proporcionar apoio contínuo e de longo prazo às equipas durante a fase de execução. É importante que haja visibilidade através de todos os projectos e alinhamento das prioridades dos projectos com os objectivos estratégicos globais, de forma a permitir melhores tomadas de decisão (Bly, 2004).

2.4 Gestão de Informação

Nos mercados cada vez mais voláteis e exigentes que actualmente se encontram, a melhoria constante do desempenho é imprescindível para que qualquer empresa permaneça competitiva. Todas as constantes alterações implicam investimentos em sistemas e tecnologias de informação resultantes da procura de informação através de processos válidos, sistematizados e eficientes. De facto, qualquer tomada de decisão ou implementação de uma acção implica a utilização e geração de informação. Neste contexto, surge a última função da Figura 6 que sustenta o desenvolvimento da nova ferramenta: gestão de informação.

Para chegar à selecção do software adequado, é importante subir ao nível de menor detalhe e ir compreendendo progressivamente os de nível inferior, até se chegar às aplicações informáticas adequadas ao projecto em concreto (Figura 14). Assim, neste capítulo aborda-se primeiro a importância da informação no seio de qualquer organização, de seguida o sistema

que deve sustentar uma boa gestão de informação, a tecnologia em que se baseia e, por fim, a tecnologia que deve ser aplicada ao planeamento e controlo de produção por encomenda.

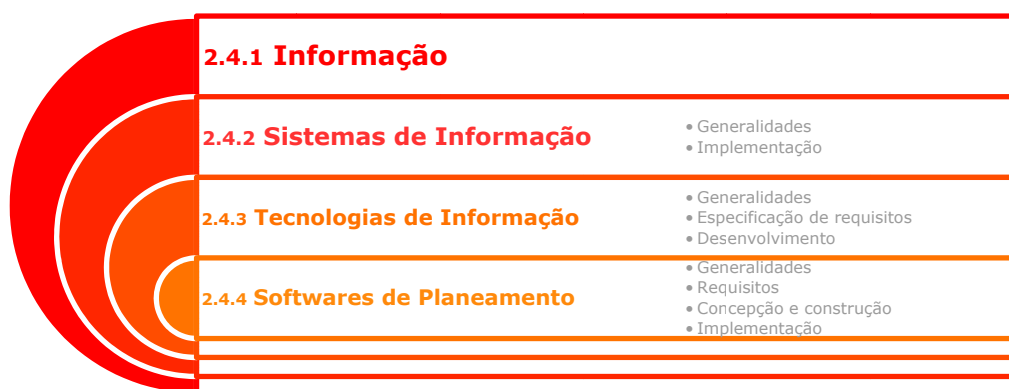



Figura 14 – Esquema do Conteúdo do Capítulo 2.4 Gestão de Informação

2.4.1 Informação

Pode considerar-se que a informação é um recurso estratégico essencial no seio de uma organização, que deve estar disponível no momento, no lugar e no formato certos. Representa um conjunto de dados que, fornecido adequadamente, melhora o conhecimento e, por consequência, facilita o desempenho de actividades e a tomada de decisões (Galliers, 1987). Por si só, informação não é conhecimento; no entanto, se for consistente e útil, pode e deve estar na base da geração de conhecimento.

Assim, a gestão de informação de acordo com as necessidades do negócio está, frequentemente, na base da adaptação ao ambiente envolvente complexo e, portanto, do sucesso e sustentabilidade da empresa. De facto, para o cumprimento dos seus objectivos, qualquer empresa necessita actualmente de sistemas de gestão de informação unificados e coerentes, que melhorem os processos de tomada de decisão.

Segundo Leonard-Barton, todo o conhecimento existente e desenvolvido ao longo dos anos numa empresa deve ser acumulado, codificado e estruturado, resultando numa compilação maior do que a soma das partes. Estes sistemas devem possibilitar a gestão, criação e controlo do conhecimento, constituído por informação e procedimentos (Leonard-Barton, 1992).

Pode ainda acrescentar-se que todas as organizações, ao inevitavelmente interagirem com o ambiente que as rodeia, também procuram adquirir informação e conhecimento de fontes exteriores, para garantirem a sobrevivência (Rocha, 2000).

2.4.2 Sistemas de Informação

Desta forma, sistema de informação (SI) pode ser definido como um subsistema de uma organização, cuja função passa pela recolha, processamento, armazenamento e distribuição da informação relevante, com o objectivo de proporcionar maiores eficiências nas tarefas de gestão, como planeamento, execução, análise e controlo. Assim, SI é fundamentalmente uma concepção das actividades de uma empresa (vertente social), usualmente sustentada por tecnologias de informação (TI) (vertente técnica) (Rocha, 2000).

Os SI devem permitir a produção e a circulação de informação útil na gestão, nas áreas funcionais e no ambiente envolvente de uma empresa. É fundamental que a tecnologia esteja

difundida por toda a organização e inclua todas as suas aplicações, de forma a reflectir tanto quanto possível esse fluxo de informação (Rocha, 2000).

2.4.2.1 Implementação

No processo de implementação de qualquer SI numa organização, é necessário passar, invariavelmente, por várias fases, incluindo não só definição de requisitos e desenvolvimento, mas também implementação e monitorização. Durante todas elas, as metodologias devem enquadrar vertentes estratégica, organizacional, táctica, operacional e tecnológica.

A Figura 15 esquematiza, da esquerda para a direita, as etapas fundamentais deste processo, baseadas na abordagem de Rocha. Relativamente a esta sequência, Antunes acrescenta ainda uma fase de testes entre as etapas de construção e implementação e também uma etapa posterior à implementação, que engloba manutenção e renovação.

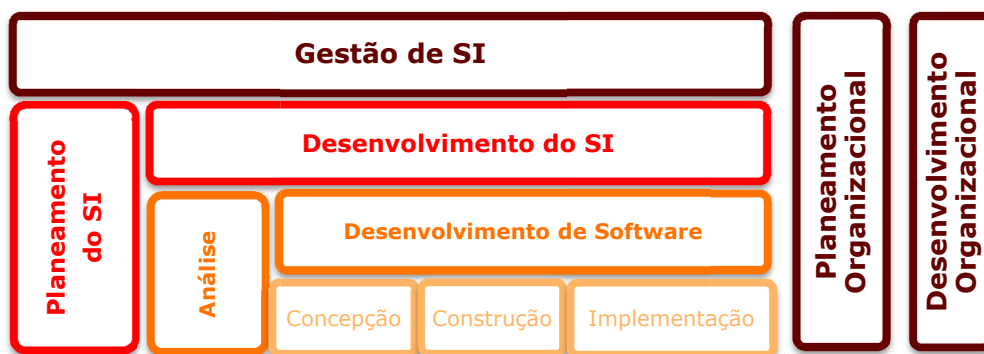



Figura 15 – Fases de Implementação de um Sistema de Informação

Apesar dos diversos estudos e desenvolvimentos no ramo dos SI, ainda existem empresas com problemas significativos em gestão e planeamento, devidos a lacunas na aplicação de novas TI. Muitas vezes estas lacunas não são resultado da ausência dos sistemas, mas sim de um certo descuido ou negligência aquando da sua introdução e aprendizagem (fases de implementação e manutenção). Como consequências da falta de integração entre as tecnologias, pode ter-se, por exemplo, a duplicação de esforços, inexactidões, demoras, pobre gestão da informação, alteração contínua de prioridades e planos, conflitos entre utilizadores, redução de produtividade (Rocha, 2000).

Em todo o processo de desenvolvimento deste tipo de sistemas, a participação dos utilizadores e a comunicação eficaz entre todas as partes envolvidas representam valor acrescentado, uma vez que aumentam a probabilidade de aceitação e reduzem os riscos referidos. Assim, um sistema de informação está necessariamente contido num sistema organizacional e, por sua vez, contém o sistema informático. Só num sentido mais restrito, pode então falar-se em desenvolvimento de software, dentro de um processo de implementação de SI.

2.4.3 Tecnologias de Informação

Como foi referido, qualquer SI, para além de conter um conjunto de procedimentos, informação e pessoas, tem que ser suportado por TI, também designadas por aplicações informáticas, sistemas informáticos ou mesmo software, isto é, pelo conjunto de equipamentos e suportes lógicos que suportam, modificam e criam dados e processos (Pedro, 2002).

Preferencialmente, as aplicações de gestão de informação, para além de suportar versões automatizadas eficientes de tarefas rotineiras dos sistemas manuais existentes, devem disponibilizar *outputs* para gestão, modelos de consulta de dados e opções de tomada de decisão, e integrar sistemas independentes. As funções fundamentais das TI são, portanto: captação, processamento, gestão, armazenamento, recuperação e transmissão de dados (Antunes, 2001).

2.4.3.1 Especificação de Requisitos

A análise de requisitos consiste na determinação daquilo que a aplicação deve fazer e das circunstâncias sobre as quais deve operar. Este processo é crucial para o sucesso de qualquer SI, uma vez que qualquer opção tomada tem repercussões directas nas actividades subsequentes, quer ao nível do desenvolvimento do software como também da implementação do próprio SI. É necessário, portanto, garantir especificações claras, coerentes, correctas e completas, de forma a evitar falhas posteriores e fracasso do sistema (Rocha, 2000).

A especificação de requisitos consiste essencialmente na determinação de necessidades por observação, negociação das especificações detalhadas a incluir, documentação e validação. Estas metodologias devem ser executadas pela engenharia em conjunto com os utilizadores, com o intuito de se obter uma resposta adequada às necessidades e, simultaneamente, exequível. No levantamento das especificações podem utilizar-se várias técnicas, de acordo com abordagens técnicas, sócio-organizacionais ou mistas, tais como, respectivamente, análise de dados, prototipagem ou brainstorming (Rocha, 2000).

Habitualmente, na especificação de requisitos de um sistema informático devem incluir-se requisitos funcionais (o que se espera que o sistema faça, o seu tipo de interacção com os utilizadores) e não-funcionais (restrições da interacção com interfaces ou sistemas externos).

2.4.3.2 Desenvolvimento

Depois de se garantir uma análise e especificação de requisitos coerente e sustentada, segue--se o desenvolvimento da aplicação que, obviamente, irá também contribuir decisivamente para a consistência do SI como um todo. O sucesso no desenvolvimento de TI está directamente relacionado com a tentativa de alcançar a máxima eficácia, eficiência e economicidade, não descurando os padrões de qualidade, adequabilidade e manutenção previamente estabelecidos. Tal como um projecto genérico, a aplicação deve, portanto, estar de acordo com as necessidades e expectativas dos utilizadores e ser desenvolvida no tempo mínimo, ao custo mínimo e com o mínimo de defeitos (Antunes, 2001).

2.4.4 Software de Planeamento e Controlo de Projectos

No âmbito do projecto em causa, interessa estudar as tecnologias de informação de planeamento e controlo de projectos. De facto, o apoio informático é imprescindível para gerir projectos a partir de determinada dimensão, facilitando o tratamento das técnicas de planeamento, a programação e o controlo, bem como o nivelamento dos recursos.

Apesar de todas estas tarefas serem exequíveis manualmente, tornam-se demasiadamente morosas. Principalmente no caso de gestão de projectos de grande complexidade, este tipo de metodologias são frequentemente abandonadas, em detrimento dos tradicionais critérios intuitivos e empíricos. As aplicações informáticas de planeamento evitam, tal como foi dito relativamente aos SI genericamente, a deterioração da qualidade da preparação e a redução do nível de controlo e gestão da informação (Brand, 1998).

Este tipo de aplicações deve ainda responder às necessidades geradas pela gestão de operações. De facto, para solucionar os problemas consequentes das especificidades dos fluxos do sistema de produção, existem diversas abordagens de gestão de operações ancoradas em parte por software de *Advanced Planning and Scheduling* (APS)[3]. Estas aplicações utilizam de forma complementar os sistemas MRP e ERP, criando programações detalhadas de actividades de produção. Estes sistemas complexos estruturados ao nível de toda a organização apresentam, no entanto, alguns inconvenientes, sendo de realçar a dificuldade em adequar-se ao tipo de produção e sistema logístico em causa e a falta de visão integrada entre dimensionamento de lotes e planeamento de necessidades de material (GmbH, 2008).

Desta forma, e uma vez que o cenário explicitado anteriormente, de um sistema de gestão de informação consistente e difundido por toda a organização, é frequentemente pouco realista, cria-se por vezes a necessidade do desenvolvimento destas aplicações paralelamente, numa primeira fase, para posterior integração. De qualquer forma, é possível que a informação nestas ferramentas seja consultada e registada em vários pontos da empresa através da rede de interna (Lewis, 1995). De facto, este tipo de software pode até ter um valor semelhante às aplicações ERP, na medida em que fornecem um repositório central de informação dos projectos. Toda a organização pode estar alinhada e ter acesso à informação em tempo real, procedendo a análises de desempenho e estudos de reprogramação (Bly, 2004).

2.4.4.1 Requisitos Fundamentais

Como foi referido em 2.4.3.1, cada situação deve ser sujeita a uma análise cuidada e representa, portanto, especificações próprias. No entanto, há um conjunto de requisitos que qualquer ferramenta de planeamento e controlo de projectos deve apresentar actualmente.

As aplicações devem ser completas mas de simples utilização, estando disponíveis *online*, com o intuito de evitar *bottlenecks* na consulta de informação do progresso em pastas partilhadas. Reduz-se significativamente a utilização de papel, o tempo de decisão e o tempo de inactividade, aumentando assim a eficiência global dos projectos (Bly, 2004). A modelação e a normalização das operações permite automatizar, gerir e actualizar processos num espaço centralizado, acrescentado valor às tarefas (Exact Software North America, 2005).

Assim, de uma forma genérica, um sistema de gestão e administração de fluxos de informação num ambiente de produção possibilita a garantia de entregas dentro do prazo, tendo em conta a capacidade do sistema e a carga atribuída. Preferencialmente, deve incluir as seguintes vertentes (Baan Business Knowledgeware, 2005):

- Planeamento e programação – previsões, plano de recursos e escalonamento;
- Listagens do fluxo de trabalho – tarefas alocadas ao centro de trabalho, por utilizador ou grupo de utilizadores (*status* e ordens de início e de fim);
- Monitorização de aspectos logísticos;
- Monitorização dos processos em curso – registo do progresso (capacidade utilizada, carga de trabalho, tempos de processamento e de resposta, dimensão das filas de espera);
- Controlo – relatórios e análise comparativa entre progresso e planeamento.

É possível especificar uma variedade imensa de opções mais detalhadas de uma aplicação de planeamento e controlo de projectos, desde comprovação de dados inseridos, até acessos

restritos por diferentes utilizadores, passando por alertas de progresso. No entanto, entende-se ser mais adequada a sua enumeração aquando da completa descrição da situação prática.

2.4.4.2 Concepção e Construção

A metodologia do desenho do novo sistema informático consiste, então, numa intercepção da especificação de requisitos do caso em estudo com as especificações das aplicações existentes no mercado, seguida de uma customização posterior de acordo com as necessidades. Desta forma, foi necessário pesquisar os diversos programas de planeamento e controlo de projectos disponíveis, assim como estudar as suas principais características.

Selecção do Software

Existe no mercado uma enorme diversidade de sistemas de apoio à gestão de projectos, cada um com as suas especificidades, vantagens e desvantagens. Variam essencialmente na facilidade de utilização, funcionalidades disponíveis, escalabilidade e preço (SmartWorks, 2006). Na selecção de um programa informático interessa, como já foi referido, especificar os requisitos de aplicabilidade pretendidos, de forma a reduzir as escolhas a um conjunto mais vocacionado para a situação específica.

A análise foi então, logo à partida, restringida a software adequado a gestão de projectos de produção complexos e baseou-se essencialmente em pesquisas na internet, visitas a unidades da empresa e outras empresas, informações obtidas em discussões informais, entre outros meios. Apresenta-se na Tabela 3 o resumo estruturado do trabalho de pesquisa feito.

Tabela 3 – Principais Vantagens e Desvantagens das Aplicações de Gestão de Projectos em Estudo

Aplicação	Vantagens	Desvantagens
ERP	À partida já existente Gere portefólios; Permite integração com outras funções das organizações; Robusto.	Interface pouco amigável.
Intellisys Project Enterprise	Ambiente *web*; Compatibilidade com MS Project; Multi-utilizador.	Exige licença.
Microsoft Office Project (MS Project)	Completo; Gere portefólios.	Pouco flexível no ponto de vista do utilizador.
Microsoft Office Project Server e Web Access	Ambiente *web*; Completo; Gere portefólios; Multi-utilizador.	Exige licença.
Oracle Project Portfolio Management	Completo; Gere portefólios; Permite integração com outras funções das organizações.	Exige licença.
Primavera Project Planner	Completo; Flexível; Gere portefólios; *Web* ou rede local.	Exige licença.

Project.net **Project Portfolio Management**	Foco na eficiência; Gere portefólios; Multi-utilizador.	Exige licença.
Sistemas sustentados no WIP	Completo; Interfaces intuitivas; Permite integração com ERP e WIP.	Exige concepção e construção da aplicação e sistema *pull*.
SmartWorks **Project Planner**	Gratuito; Opção multi-utilizador (com licença).	Pouco completo; Necessita de servidor para explorar.

Parametrização

Entre a selecção do software e a construção da aplicação customizada, é necessária uma fase de parametrização de acordo com a situação em causa. Fundamentalmente, este processo consiste na especificação e listagem dos constrangimentos de capacidade (recursos humanos e materiais e dos horários de trabalho disponíveis) e de carga (tarefas).

Tal como foi mencionado em 2.3.6, a alocação de recursos é extremamente importante para o sucesso de um projecto. Assim, vários autores salientam a criticidade e atenção que deve ser dada na definição de parâmetros como unidades máximas ou da configuração de calendários.

2.4.4.3 Implementação

De uma forma geral, o software de gestão de projectos são de utilização pouco intuitiva, requerendo, portanto, um processo de aprendizagem através de tutoriais, manuais ou cursos. Assim, para além do cuidado nas fases de concepção e construção, é imprescindível a formação dos utilizadores e acompanhamento dos mesmos durante a implementação.

O sucesso de uma ferramenta de gestão de projectos, além de depender de funcionalidades como simplicidade de utilização, interfaces intuitivas, flexibilidade, robustez e capacidade de difusão pela organização, exige que os utilizadores estejam em sintonia com os objectivos da sua utilização. A adequabilidade das suas características e a motivação dos seus utilizadores vão permitir a sustentabilidade da aplicação.

2.5 Síntese do Capítulo

Ficam assim definidas as bases teóricas que sustentam o desenvolvimento do projecto, caracterizadas como factores críticos para o sucesso em casos de complexidade semelhante.

Para conhecer e optimizar qualquer função de uma empresa que esteja relacionada com um processo industrial, é necessário compreender o sistema de produção e sistematizar procedimentos de melhoria da performance do mesmo. Desta forma, a gestão da produção assume as responsabilidades de melhorar continuamente a eficiência dos processos e de dar respostas adequadas às exigências dos clientes.

Por sua vez, se esse mesmo processo entrega produtos customizados, a sua produção tem que ser acompanhada pela gestão de projectos. A partir dos pedidos, esta função concebe a melhor estratégia para actuar de forma a satisfazer o cliente, através da optimização dos recursos.

Finalmente, o actual ambiente competitivo exige procedimentos rápidos e eficazes, com a mínima utilização de recursos. Para tal, é imprescindível a gestão de informação, através de processos eficientes, válidos e sistematizados, baseados em tecnologias inovadoras.

3 Apresentação do Problema

O problema proposto no âmbito deste projecto consiste fundamentalmente na necessidade de melhorar o apoio informático ao planeamento e ao controlo da produção de transformadores Core. Esta função da empresa apresenta particularidades resultantes fundamentalmente da singularidade do produto e do mercado em que se insere. Assim, tendo como objectivo principal garantir a competitividade através de melhores respostas aos clientes e processos mais eficientes, torna-se fundamental dar suporte ao planeamento da produção e ao controlo da geração de *output*.

Depois de apresentado o "O quê?" relativo à necessidade criada (Figura 16), a primeira parte deste capítulo descreve o "Onde?", enquanto a segunda explica o "Porquê?" e sucintamente o "Como?".

Figura 16 – Respostas às Principais Questões que Definem a Nova Necessidade

Ficam, desta forma, descritas as principais dimensões do problema.

3.1 Levantamento da Situação

Descreve-se de seguida a fábrica Core e o respectivo sistema de produção, com o intuito de contextualizar o ambiente em que se insere o projecto e os factores que deram origem à nova necessidade. Neste sentido, apresenta-se primeiramente o produto, seguido do sistema de produção e o processo de produção e, finalmente, da função de planeamento da produção.

3.1.1 Produto

Função

A principal utilidade dos transformadores Core (Figura 17) consiste na redução de perdas no transporte de energia a grandes distâncias. Isto porque, como se sabe, se se aumentar a tensão, mantendo a potência eléctrica da linha constante, pode reduzir-se as perdas em transmissão por diminuição da corrente requerida para transmitir essa mesma potência.

Figura 17 – Transformador Core

Constituição

Essecialmente, um CT é constituído pela parte activa e por elementos acessórios (Figura 18).

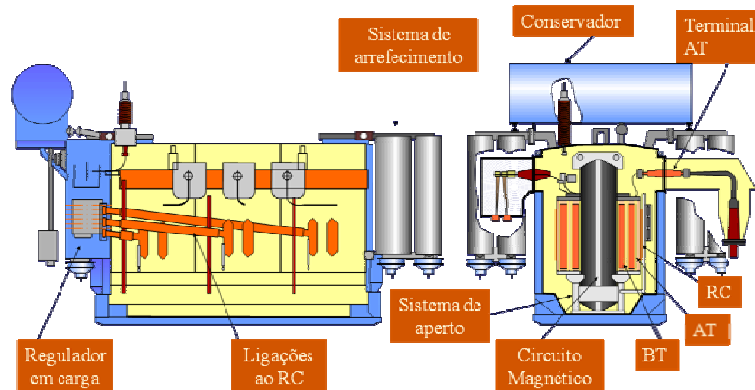



Figura 18 – Vistas Lateral e Frontal de um Transformador

A parte activa é composta por (Calafate, 2007):

- Núcleo magnético – ou condutor do fluxo magnético, constituído por um empilhamento fechado de chapas especiais e isoladas entre elas;
- Enrolamentos – ou condutores da corrente; são concêntricos, em forma cilíndrica, e o seu eixo é vertical; no caso dos transformadores não monofásicos, um enrolamento é o conjunto das bobinas que formam uma fase.

Os elementos acessórios principais são (Calafate, 2007):

- Cuba com óleo;
- Travessias;
- Reguladores;
- Circuitos de arrefecimento;
- Aparelhagem de controlo e protecção.

Características Principais

Os transformadores são habitualmente definidos pelas tensão, corrente, potência e frequência nominais, satisfazendo as exigências do caderno de encargos e das condições de serviço.

Para além de aumentar a tensão, o transformador deve suportar as solicitações da rede onde se insere e o nível de tensões que ele amplifica, satisfazendo o nível de isolamento exigido. Os enrolamentos, sendo a parte mais complexa e sensível do transformador, incluem, então, uma estrutura isolante que deve suportar as bobinas, garantir o arrefecimento, com circuitos de circulação de óleo, e garantir os níveis de isolamento impostos (Calafate, 2007).

Produção

Este produto é feito à medida do cliente, de acordo com necessidades e especificações muito particulares. Assim, qualquer transformador exige engenharia prévia à produção.

Muito dificilmente existem dois produtos iguais. No entanto, por vezes os clientes pedem uma quantidade muito reduzida de transformadores com características idênticas, sendo-lhes atribuído o mesmo código[15], apenas diferenciado pela última letra.

O grau de exigência e de personalização deste produto, acrescidos de grande complexidade e dimensão, contribuem para a singularidade do sistema de produção dos transformadores Core.

3.1.2 Caracterização do Sistema de Produção

A produção dos transformadores Core na EFACEC Energia faz-se segundo um sistema caracterizado fundamentalmente pela produção unitária (ou com poucas repetições) de transformadores, apenas por encomenda.

Relativamente ao tipo de processos, o sistema de produção inclui processos de transformação de propriedades e de forma, testes, mas fundamentalmente consiste na montagem sucessiva dos diversos componentes de um transformador.

Uma vez que o produto é customizado, feito para clientes específicos em quantidades sempre próximas de um, o ambiente de produção é *job shop*. Os fluxos de materiais são, portanto, descontínuos, sendo que as ordens de produção são deslocadas pelos sucessivos departamentos de acordo com a sequência de processamento.

Tendo em conta este tipo de estrutura de fluxos, compreende-se que os postos de trabalho sejam agrupados por áreas funcionais, de acordo com a Figura 19. Os equipamentos e postos de trabalho semelhantes estão localizados na mesma área, sendo que cada uma apresenta o seu processo produtivo especializado e com as suas particularidades.

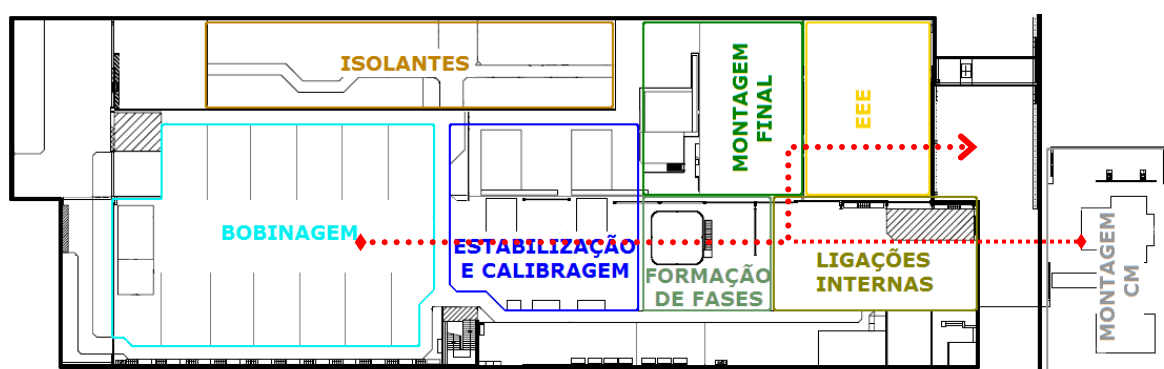



Figura 19 – *Layout* da Fábrica

Desta forma, o sistema de produção dos CT pode ser sinteticamente descrito na Tabela 4.

Tabela 4 – Características Fundamentais do Sistema de Produção

Tipo de Processo	Montagem e fabrico
Estrutura de fluxos	*Job shop*
***Layout* fabril**	Funcional
Equipamentos e postos de trabalho	Flexíveis
Utilização do equipamento	Baixa
Mão-de-obra	Elevada e especializada
Modo de satisfação da procura	MTO
Tamanho do lote	Produção unitária
Tempo de produção por unidade ou lote	Elevado
Taxa de produção	Baixa
Custo unitário	Elevado

3.1.3 Descrição do Processo de Produção

Na Figura 20 apresenta-se o diagrama de fluxos representativo da produção dos transformadores Core. As fases que são da responsabilidade da produção encontram-se destacadas a negrito e coloridas de acordo com a secção a que pertencem, sendo descritas em maior detalhe de seguida.

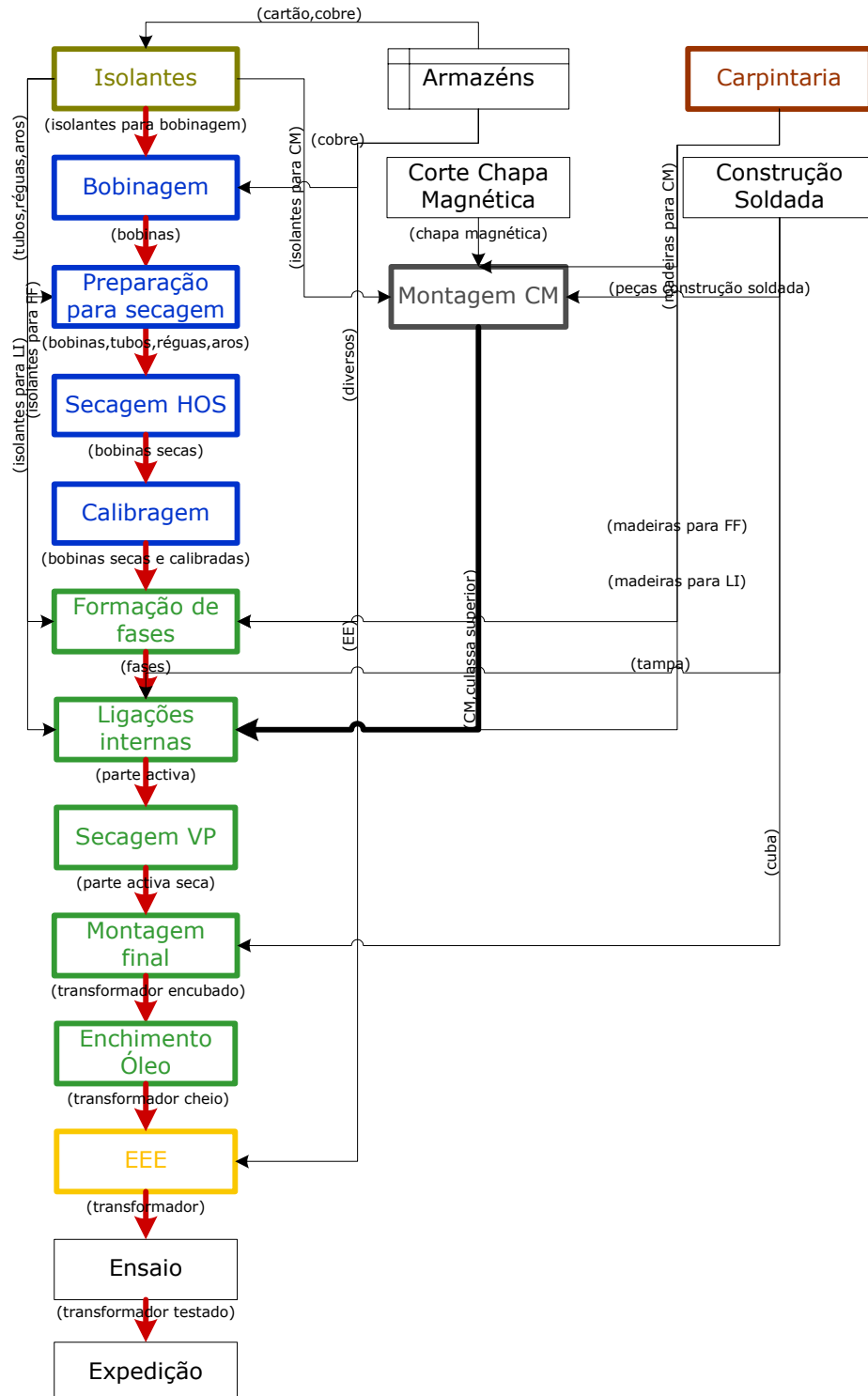



Figura 20 – Fluxograma do Processo de Produção

De seguida, o fluxo de materiais e de informação é descrito sequencialmente, desde o cálculo do transformador até à sua expedição, passando pelas fases de produção e pelas funções de

suporte. Especificam-se, para cada centro de trabalho ou área funcional, os fornecedores e os *inputs* requeridos, o tipo de processamento, os clientes e os *outputs* gerados, os respectivos fluxos e ainda algumas das suas particularidades ou desafios.

3.1.3.1 Actividades a Montante da Produção

Como foi referido, a produção de transformadores Core exige as fases prévias de cálculo e de projecto. O cálculo consiste na preparação teórica do transformador para fornecer toda a energia necessária, suportar os mais agressivos curto-circuitos, descargas atmosféricas e outras surpresas. O desenho é feito posteriormente pelo departamento de desenho mecânico, considerando os esforços envolvidos.

Enviam-se ao cliente estes documentos e, depois da sua confirmação, pode proceder-se ao contacto com fornecedores para encomenda dos materiais necessários e à preparação dos meios humanos, dos equipamentos e da informação necessários para a produção do transformador.

3.1.3.2 Actividades de Suporte da Produção

A estes sectores estão ainda associados os sectores transversais de armazenagem, logística interna e externa, manutenção e engenharia.

A engenharia do processo assume aqui um importante papel, actuando fundamentalmente na melhoria dos 6M (fundamentalmente das máquinas e dos métodos) do sistema de produção. São assim da sua responsabilidade tarefas como o planeamento industrial estratégico, a análise e a melhoria de processos e fluxos fabris, a aquisição ou alteração de equipamentos, a aquisição e gestão de ferramentas, a determinação e a atribuição de tempos de fabricação.

Aos armazéns cabe a responsabilidade de coordenar a logística externa com a logística interna, a partir das exigências sucessivas em toda a cadeia de valor.

3.1.3.3 Actividades da Produção

Isolantes

Como foi explicado, os isolantes são componentes fundamentais num transformador, na medida em que garantem a satisfação do nível de isolamento exigido para o circuito eléctrico. Além disso, suportam as bobinas, garantem os afastamentos necessários e permitem o arrefecimento através da criação de circuitos de circulação de óleo.

Figura 21 – Secção dos Isolantes

Os isolantes estão no início da cadeia de valor do processo, recebendo apenas matéria-prima do armazém, fundamentalmente paletes de cartão e ainda carretas de cobre para isolar.

Estes *inputs* são processados nas diversas máquinas com o apoio de alguma mão-de-obra, sendo que este pode ser considerado o único processo com transformação de forma e produção em série (Figura 21). A gestão de tarefas é complexa devido à grande diversidade de produtos e respectivas especificações e destinos. Por exemplo, alguns artigos têm que secar e voltar à secção, alguns equipamentos fornecem toda a secção e os clientes têm *timings*

diferentes para as suas necessidades, dentro do mesmo projecto. A entrada de informação é feita através das legendas dos projectos, com o planeamento das execuções pré-estabelecido.

Os principais elementos produzidos encontram-se listados no ANEXO E e destinam-se a ser utilizados pela bobinagem (B), pela formação de fases (FF), pelas ligações internas (LI) e pela montagem do circuito magnético (CM).

Montagem do Circuito Magnético

O CM é o núcleo do transformador, tratando-se do meio para as linhas de força magnética passarem da alta tensão para as baixas tensões. Nos transformadores mais comuns, trifásicos, o CM tem a forma de um "E" deitado (Figura 22), sendo que cada troço vertical corresponde a uma das fases U, V ou W.

Neste centro de trabalho, é recebida a chapa magnética cortada e agrupada em paletes conforme os projectos, já com o formato adequado à sua montagem. Além destes *inputs*, a montagem do CM ainda recebe isolantes (calagens para CM, isolantes de núcleo, réguas de circulação e Us de protecção), madeiras e elementos de construção soldada (travessas, placas de núcleo, travessas de assento, Us).

Figura 22 – Circuito Magnético

Esta área inclui duas mesas com diferente capacidade em construção soldada, nas quais são montados os CM. O processo inicia-se com a pré-montagem da mesa, consistindo numa base com furos pré-definidos para o projecto em questão, de modo a formar as fases correctamente. Segue-se a montagem, que inclui o empilhamento da chapa e o controlo. A colaça inferior é montada com os núcleos, enquanto a colaça superior é entregue separadamente. Posteriormente, o conjunto é acoplado às travessias superior e inferior, apertado e rodado para a posição vertical.

Depois de envernizado, o CM é finalmente entregue à operação de ligações internas.

Bobinagem

Nesta secção são produzidas as bobinas do transformador (Figura 23), isto é, os condutores eléctricos onde mais tarde vai circular toda a corrente eléctrica.

Estas bobinas são produzidas a partir de cobre proveniente do armazém e ainda lhes são incorporados os materiais isolantes (anéis de guarda, aros de suporte, calços, cartões de protecção, cavaleiros, *edge strip*, intercalares dentados, peças para máquina vertical, réguas rectas e trapezoidais, rodelas foa, tiras de enchimento, tubos) para que não haja o risco do cobre entrar em curto-circuito.

Figura 23 – Bobina

A área alocada a esta função é constituída por treze máquinas de bobinar, sendo que a cada qual são alocados, em média, dois operadores. Para além da dependência do material, o desempenho da bobinagem é determinado pela mão-de-obra, cuja produtividade, dependente essencialmente das competências e da experiência, estabelece a taxa de produção. Desta forma, a alocação das pessoas e máquinas aos diferentes projectos, tal como a gestão da falta de *inputs* são garantidas quotidianamente pelo responsável da secção[64]. Por sua vez, em termos de entregas aos clientes, as prioridades relativas a urgências ou atrasos são da responsabilidade da gestão da fábrica.

Este centro de trabalho entrega bobinas dos tipos:

- Altas Tensões;
- Baixas Tensões;
- Médias Tensões;
- Regulações;
- Estabilizações;
- Pré-selecções.

Estes outputs variam ainda com as especificações do projecto, que incluem dimensões e o tipo de execução do enrolamento (*hisercap* 100, 200, 300 ou 400, contínuo, em camadas, *helitram*, imbricado, entre outros). Finalmente, as bobinas são entregues à operação seguinte, estabilização e calibragem, para serem secas e calibradas.

Estabilização e Calibragem

A área da calibragem é uma zona de trabalho contígua à bobinagem e imediatamente subsequente na cadeia de valor. Em termos de equipamento, é composta por duas autoclaves de secagem por *Hot Oil Spray* (HOS) (Figura 24) e inclui ainda uma quantidade pequena de operadores.

Figura 24 – Autoclave *Hot Oil Spray*

De uma forma simplificada, o processo inicia-se com a preparação, que consiste em dar a altura correcta às bobinas por intermédio de macacos hidráulicos. Seguidamente, as bobinas são inseridas no equipamento de secagem, juntamente com alguns isolantes (aros de suporte, réguas e tubos). Quando a jusante o processo é puxado, fecha-se o equipamento e procede-se à secagem. Finalmente, é realizada calibragem final, isto é, são feitos os últimos ajustes que garantem as especificações do projecto.

Ao contrário da bobinagem, este processo é mais dependente dos equipamentos, uma vez que a secagem demora entre um a dois dias a completar, sem exigir intervenção humana.

A estabilização e calibragem tem, então, como objectivo a entrega de bobinas secas e calibradas à formação de fases.

Formação de Fases

Esta operação consiste no agrupamento das bobinas por fase, encaixando-as de acordo com a sua concentricidade. Para tal, necessita das bobinas secas e calibradas, de isolantes (calagens, chaminés, chapéus, *collerettes*, réguas e tubos) e de madeira.

Esta área inclui um equipamento de apoio ao alinhamento das bobinas que auxilia o trabalho da mão-de-obra.

Em termos de fluxos, este processo de montagem funciona relativamente bem, uma vez que o sistema *pull* é aplicado, quer relativamente aos seus fornecedores como aos seus clientes. Considera-se então que o sistema de produção dos CT funciona em *pull*, fundamentalmente desde o final da sua cadeia de valor até esta operação.

Como na globalidade do sistema de produção, surgem por vezes alterações de prioridades, de acordo com as prioridades dos projectos em curso.

Ligações Internas

A secção das ligações recebe as fases formadas da formação de fases, o CM e a colaça superior da montagem de CM e ainda outros materiais como madeiras e isolantes (isolamento de cabos, cartão).

Figura 25 – Parte Activa

A partir desta fase do processo de produção dos transformadores Core, pode considerar-se que o *layout* passa a ser de posição fixa, uma vez que os equipamentos, pessoas e ferramentas é que se movem em função da localização do artigo que, neste caso, já começa a apresentar grandes dimensões e proximidade com o que vai ser o produto final (Figura 25).

Na área alocada a esta tarefa, procede-se então à colocação das fases sobre o CM e da colaça superior sobre este conjunto. Estes procedimentos são denominados montagem da parte activa e realizados pelos operadores com o auxílio de alguns equipamentos adequados.

De seguida, são feitas todas as ligações internas do transformador, essencialmente pela mão-de-obra, que deve ser cuidadosa e responsável, uma vez que se trata de um conjunto de tarefas muito rigorosas, exigindo o cumprimento de diversas normas.

Nesta operação e nas seguintes é requerida uma grande diversidade de materiais, quer específicos do projecto, quer de armazém, que exigem alguma preparação.

Montagem Final (MF)

Finalmente, a parte activa está pronta a ser associada aos seus elementos acessórios. Assim, a montagem final recebe uma vasta gama de parafusaria e fixações, acessórios como cabos, travessias, reguladores e comutadores, assim como travessas, cuba e tampa da construção soldada, para acoplar ao *input* proveniente das ligações internas.

Inicialmente, a parte activa é colocada no equipamento de secagem por *Vapour Phase* (VP), para eliminar a humidade acumulada. Seguem-se os apertos e ajustes necessários para corrigir os efeitos da diminuição de tamanho resultante da secagem. Posteriormente é feita a encubagem, isto é, a colocação da parte activa seca numa cuba resistente ao vácuo, com posterior fixação da respectiva tampa. Este processo tem que ser rápido, de forma a não degradar o resultado da secagem. Finalmente, este mesmo centro de trabalho ainda é responsável pelo vazio do transformador, seguido do seu enchimento com óleo, cujas funções principais são a diminuição das distâncias dieléctricas na parte activa e a dissipação do calor para o exterior.

Neste processo, é essencial que a mão-de-obra seja qualificada e capaz de executar rápida e correctamente as suas tarefas. Além disso, o ambiente é controlado, em termos de temperatura e humidade, de forma a minimizar a absorção de água.

No final, é devolvido o transformador encubado à fase de equipamento exterior e electrificação (EEE).

Equipamento Exterior e Electrificação

Esta área é responsável pela preparação da cuba para a montagem final e, principalmente, por preparar o transformador para a fase de testes.

Assim, depois de preparada a cuba e entregue à montagem final, esta é recebida de volta já como transformador montado. O armazém entrega também todo o tipo de material necessário à montagem do equipamento exterior e à electrificação do transformador. Mais uma vez, o factor crítico está na reunião dos diversos materiais. Finalmente, o transformador pronto a ensaiar é entregue ao laboratório.

3.1.3.4 Actividades a Jusante da Produção

Quando sai do EEE, o transformador tem que ser sujeito a ensaios que verifiquem se o mesmo cumpre as especificações do cliente. No laboratório, aplicam-se condições de funcionamento severas de acordo com normas definidas.

Segue-se a preparação para expedição, onde o transformador é preparado para o transporte que, devido às dimensões e à massa do produto, exige a desmontagem de alguns componentes.

Ambas as operações são da responsabilidade de equipas comuns aos dois tipos de transformadores PT, o que por vezes se traduz num fluxo de carga pouco homogéneo.

3.1.4 Planeamento e Controlo da Produção

Tal como o processo produtivo dos transformadores Core, também o planeamento e o controlo da produção dos mesmos assume diversas particularidades. A Tabela 5 descreve sucintamente as principais implicações do sistema de planeamento da produção e consequentes especificidades da preparação da produção.

Tabela 5 – Características Fundamentais do Planeamento da Produção

Destino dos produtos	Encomenda
Tempo de resposta	Longo
Variedade dos produtos	Infinita
Natureza do produto	Customizado
Procura	Imprevisível
Satisfação de encomendas	Dependente da capacidade
Base para planeamento e programação da produção	Encomendas
Quantidade de produção	Reduzida
Controlo da produção	Difícil
Preparação do trabalho	*Ad hoc*

Planeamento *Master*

A EFACEC Energia utiliza um ERP, o Baan, que recebe os dados dos departamentos de cálculo e projecto, trata-os e insere-os num programa interno denominado WinTree, o qual, por sua vez, devolve informação ao Baan. O Baan inclui fundamentalmente funções de gestão logística e de gestão financeira, enquanto o WinTree especifica o produto e respectivas configurações.

Cada transformador representa um projecto diferente, mesmo que seja idêntico a outros. Diferenciam-se pelo seu código, que é idêntico no Baan e no WinTree e reconhecido por todos os interessados na concepção, produção e entrega do transformador.

O planeamento global da produção é feito em termos anuais, de acordo com datas de entrega aos clientes, respectivas prioridades e capacidade da fábrica. Para tal, utiliza-se uma folha de cálculo do Microsoft Office Excel (Figura 26), com uma matriz, na qual o tempo é representado na horizontal, isto é, cada coluna é um dia, e os diferentes projectos estão dispostos em linhas.

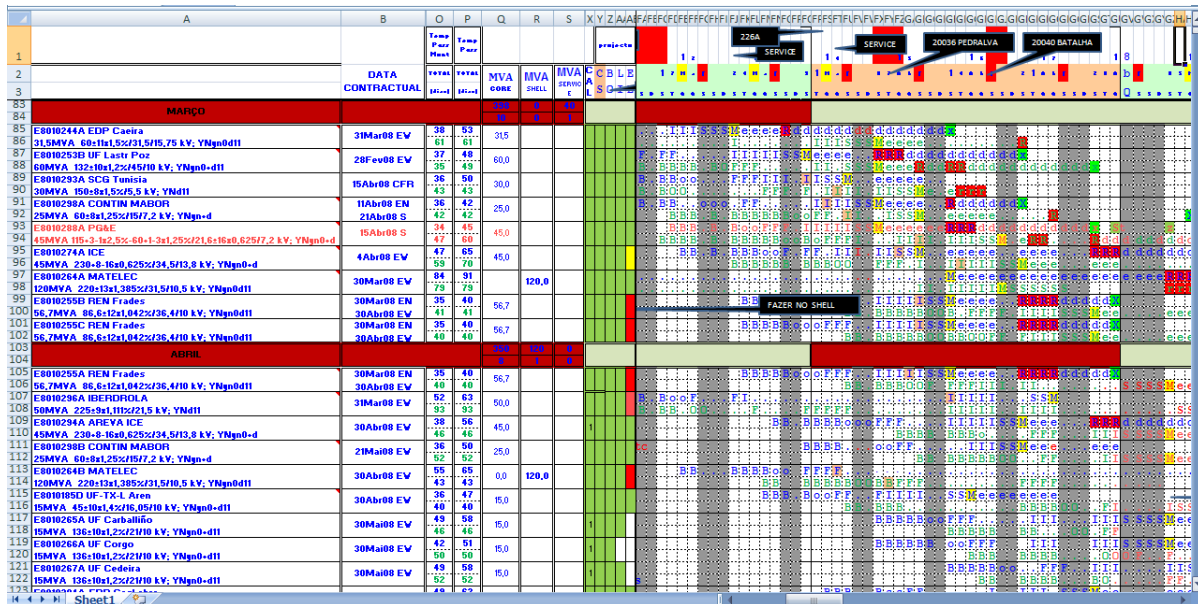



Figura 26 – Folha de Cálculo com o Planeamento Global

No fundo, este mapa de planeamento não é mais do que um diagrama de Gantt dos projectos, desenvolvido por programação *backward*, isto é, a partir da data a que se pretende entregar ao cliente (data contratual). Esta tarefa é desenvolvida pelos departamentos de planeamento (PTLO), em conjunto com a direcção do departamento Core (PTCT), com *updates* frequentes.

Programação Global

Neste mapa, faz-se também a programação da produção, incluindo as operações consideradas como "esqueleto" ou caminho crítico do processo produtivo, representadas por uma letra: bobinagem (B), secagem HOS (o), formação de fases (F), ligações internas (I), secagem VP (S), montagem final (M), electrificação e equipamento exterior (e), ensaios (R) e expedição (d). Ainda é possível analisar dados como o tempo de passagem por operação, o tempo de passagem total de cada projecto, entre outras variáveis.

Esta tarefa é da responsabilidade do PTCT, fundamentalmente da produção (CTPR). O estudo é feito segundo um sistema de programação *pull* que tem em conta uma análise de capacidade dos centros de trabalho e as avaliações das cargas de acordo com os diferentes projectos e de prioridades em termos de exigências dos clientes. O estudo da capacidade é feito de certa forma intuitivamente, analisando colunas de tempo, ou seja, em cada coluna ou conjunto de colunas, não podem estar alocados mais projectos do que o respectivo centro de trabalho pode suportar. Por outro lado, na direcção horizontal, ou seja, relativamente à carga que cada transformador induz na fábrica, o estudo é feito a partir de blocos de tempos teóricos[6] de acordo com determinadas características do transformador, que representam o trabalho[79] que cada projecto exige em cada operação. Finalmente, a gestão de prioridades consiste na alteração da posição dos diferentes projectos na vertical, isto é, quanto menor for a linha em que se localiza o projecto, mais cedo deve ser processado.

Programação Detalhada

Em termos de ordens de fabrico e de necessidades, os dados são gerados a partir do Baan e do WinTree e, depois de tratados na programação global, são entregues ao encarregado geral. Por sua vez, este planeador faz a preparação do trabalho e entrega as respectivas ordens no *gemba*. Os chefes de cada equipa alocam diariamente os equipamentos e as pessoas dos seus centros de trabalho às ordens recebidas.

Controlo

A folha de cálculo existente ainda permite a monitorização do progresso, sendo que cada projecto constitui duas linhas: a primeira com os tempos e as datas previstos e a segunda com os valores efectivos das mesmas variáveis. Além disso, através de um código de cores, também é possível verificar o *status* de cada projecto em termos de cálculo e projecto, produção e entrega e, por fim, analisar comparativamente os tempos de passagem previstos e efectivos e visualizar a taxa de produção (MVA por mês e por ano).

O controlo ainda inclui o nivelamento da capacidade dos diferentes postos de trabalho, que pode ser feito com alguma frequência devido à sua flexibilidade, e ainda a gestão de prioridades das cargas. Tal como acontece habitualmente na gestão de projectos, os *outputs* desta tarefa devolvem um feedback à programação global, que reprograma manualmente a produção.

3.2 Descrição do Problema

O problema levantado neste projecto consiste, então, na lacuna de um suporte informático que apoie as tarefas de preparação e controlo de um processo produtivo bastante complexo e peculiar. De facto, a actual ferramenta utilizada para o efeito apresenta alguns pontos fracos em termos de gestão de informação:

- Má capacidade de previsão;
- Pouca flexibilidade em termos de carregamento de informação e ajustes de controlo;
- Fraca autonomia e forte dependência dos utilizadores;
- Pouco rigor nas análises de capacidade e de carga;
- Sequenciamento das operações pouco rigoroso, não considerando todas as operações do processo produtivo nem sobreposições das restantes no tempo;
- Dificuldade na difusão da informação por todos os interessados (a partilha de informação é complicada, resultando em incoerências);
- Fraca integração no sistema de informação da empresa (não é uma plataforma de informação comum).

Assim, torna-se necessária a criação de uma plataforma de informação horizontal a toda a organização, com capacidade de prever, tratar a informação e apresentá-la desdobrada aos diferentes intervenientes directos na fábrica.

Além disso, tendo em consideração a actual estratégia de expansão e de aumento do volume de produção, é essencial tornar a logística entre processos muito mais simples. Mantendo os mesmos recursos, é imprescindível ter um controlo sobre todo o detalhe do planeamento e uma excelente comunicação entre as áreas funcionais, através de um planeamento sustentável e de uma logística optimizada.

De forma a responder aos problemas referidos, a ferramenta desenvolvida deve cumprir o conjunto de condições definidas na Tabela 6.

Tabela 6 – Principais Requisitos da Resposta à Nova Necessidade

<table>
<tr><th>Âmbito da aplicabilidade</th><th>Funcionalidades básicas</th></tr>
<tr><td>Planeamento master;
Programação global;
Controlo.</td><td rowspan="5">Calendários;
Diagrama de Gantt das actividades previstas e realizadas;
Diagrama de precedências;
Diagrama de rede;
Funções de alertas;
Lista de tarefas com respectivos recursos alocados e trabalho;
Quadro e histograma de utilização dos recursos, com sobrealocações assinaladas;
Relatórios de status;
Selecções que limitam as informações a obter (datas, tarefas ou tipos de recursos);
Tabela de tarefas programadas ou mapa de programação.</td></tr>
<tr><th>Objectivos operacionais</th></tr>
<tr><td>Diminuição dos desvios entre produção prevista e efectiva;
Flexibilidade de utilização por parte das equipas;
Quadro de status que reflicta a realidade;
Registo do progresso.</td></tr>
<tr><th>Objectivos analíticos</th></tr>
<tr><td>Acompanhamento do progresso (monitorização e controlo);
Análise da relação carga / capacidade;
Recolha e tratamento de dados anteriores para feedback;
Visão global do estado actual da fábrica.</td></tr>
<tr><th>Objectivos estratégicos</th><th>Funções de suporte</th></tr>
<tr><td>Avaliar os indicadores de performance;
Tirar proveito do uso de informação (comparação do progresso com o planeamento de forma a aplicar medidas correctivas e estudo do histórico para melhorar o desempenho futuro).</td><td rowspan="3">Boas funções de ajuda;
Comprovação da coerência dos dados introduzidos;
Funcionamento em rede ou ambiente web;
Gestão de portefólios de projectos;
Integração com outras funções da empresa;
Capacidade para multi-utilizador, com possibilidades de confidencialidade e acesso restrito.</td></tr>
<tr><th>Meios para difusão da informação</th></tr>
<tr><td>Equipamentos informáticos;
Interfaces intuitivas e simples de usar;
Software de planeamento de projectos.</td></tr>
</table>

Na perspectiva do planeamento e da gestão do trabalho e das equipas, surge então a necessidade de desenho de uma nova ferramenta que diminua esforços e sustente de forma mais eficaz e adequada a produção dos transformadores Core.

3.3 Síntese do Capítulo

O sistema de produção em estudo, caracterizado por um elevado grau de customização e de complexidade exige um planeamento da produção flexível, autónomo e rigoroso, suportado por tecnologias que permitam a difusão e integração da informação na empresa. O problema consiste, então, na criação de uma aplicação informática de gestão de projectos que apoie o planeamento da produção dos transformadores Core.

Pretende-se reduzir os desvios entre a produção prevista e a efectiva, tornar visível o *status* da fábrica e reduzir os recursos despendidos nas funções de planeamento e de controlo da produção, de forma a aumentar a eficiência do sistema de produção.

4 Apresentação da Solução Proposta

Neste capítulo explicitam-se os requisitos que foram definidos como consequência da análise do problema de planeamento e controlo da fábrica de transformadores Core definido. O estudo foi completado com trabalhos de pesquisa de ferramentas aplicadas em situações que de alguma forma se assemelham à considerada e de manuais das diferentes aplicações informáticas analisadas.

De forma a apresentar de forma clara a solução desenvolvida de acordo com as necessidades da fábrica, explica-se de seguida em que consiste a ferramenta desenvolvida e quais os seus requisitos funcionais por classe de utilizador e não-funcionais.

4.1 Descrição Sucinta da Proposta de Resolução do Problema

O sistema informático proposto deve, a partir de dados da programação dos projectos e do registo do seu progresso, processar essa informação e, além de apresentá-la, gerar *outputs* representados na Figura 27.

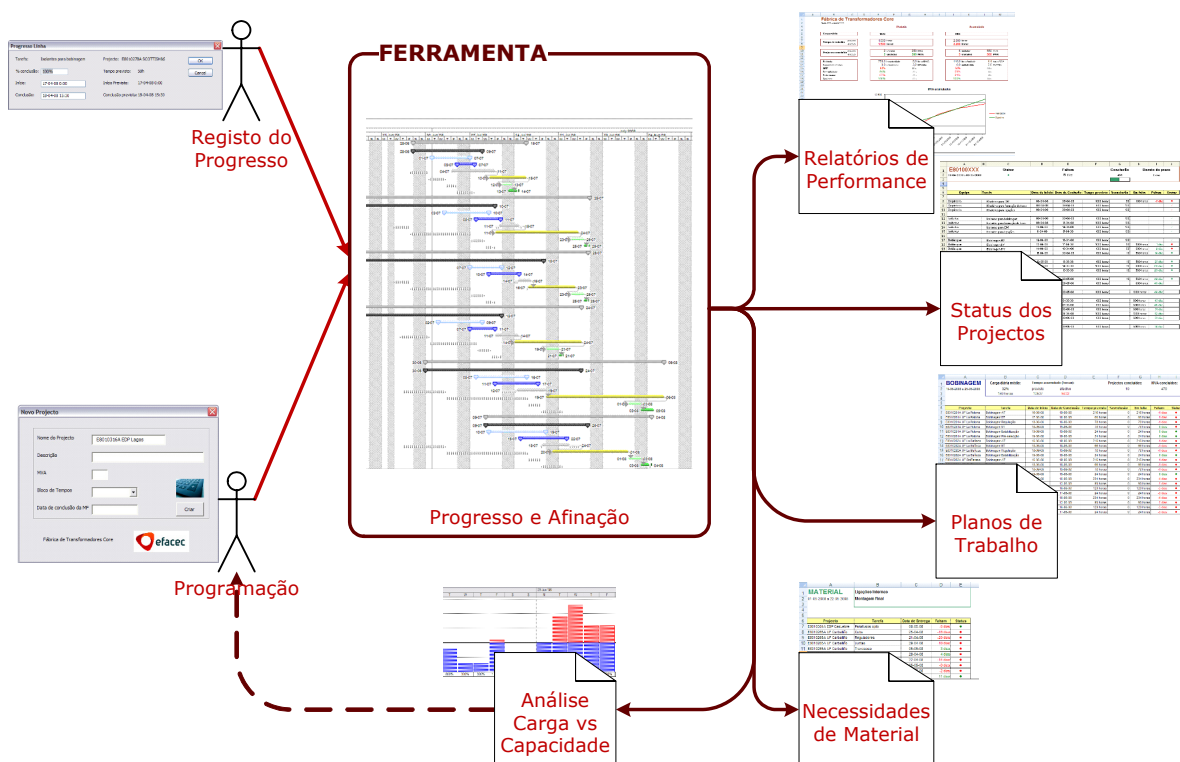



Figura 27 – Sistema Lógico Proposto

Na prática, a nova ferramenta integra as funcionalidades de software de gestão de projectos, assumindo como principais requisitos de utilização:

- Possibilidade de integrar de uma forma coordenada os diferentes tipos de utilizadores envolvidos na produção de transformadores Core;
- Apresentação com interfaces apelativas e intuitivas – *inputs* simples de usar e *outputs* de interpretação eficaz;
- Flexibilidade de utilização – carregamento com os vários projectos, alocação e gestão de alocações, registo do progresso e gestão de prioridades.

Sucintamente, a aplicação proposta apresenta as seguintes utilidades:

- Operacional – apoio na programação, registo do progresso e possibilidade de ajustes e afinação;
- Analítica – exibição dos planos de trabalho dos centros de trabalho, do *status* dos projectos em curso e das necessidades de materiais;
- Estratégica – análise da performance das equipas e da fábrica ao longo do tempo.

Na Figura 28 encontram-se esquematizadas as principais funcionalidades da ferramenta, estruturadas sequencialmente de acordo com a sua utilização e agrupadas por cores, conforme se tratem de programação (laranja), monitorização ou progresso (castanho) e controlo (vermelho).

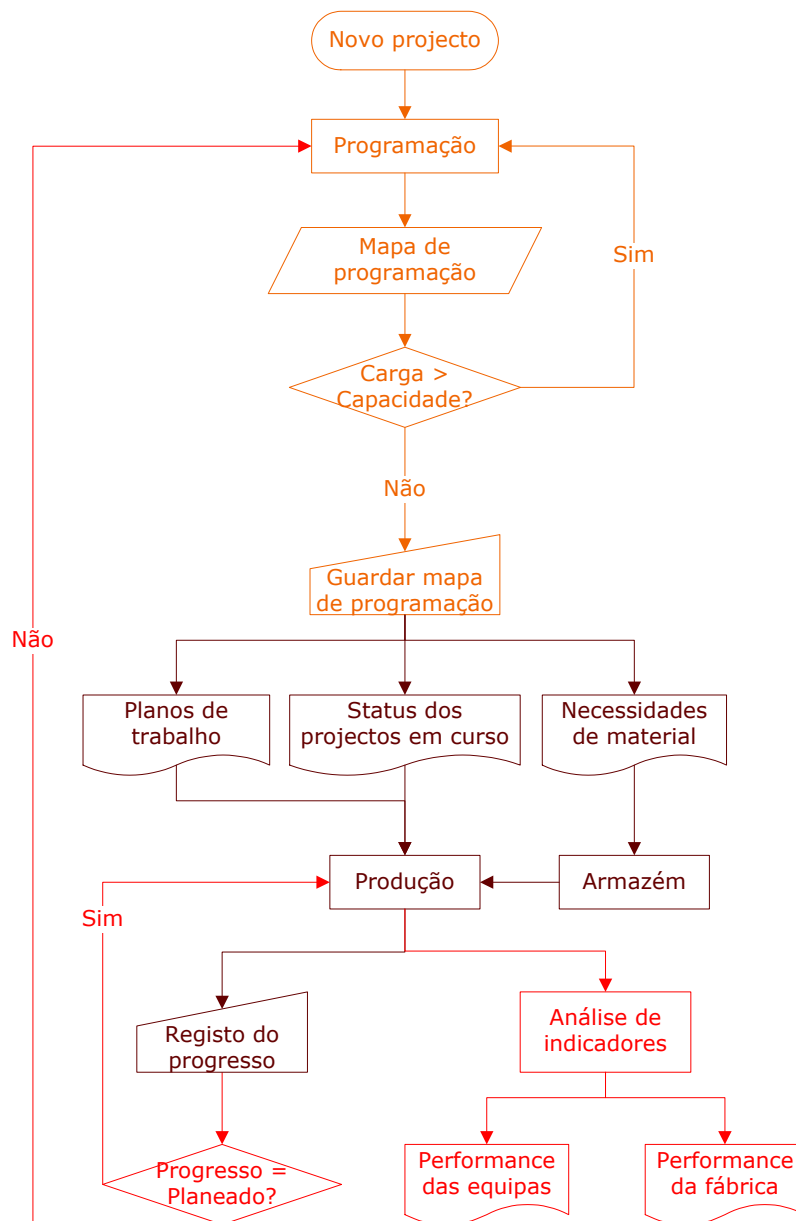



Figura 28 – Fluxograma das Funcionalidades da Nova Ferramenta

4.2 Especificação de Requisitos Funcionais

A nova ferramenta de planeamento proposta tem como principais classes de utilizadores os intervenientes directos na produção de transformadores Core:

- Direcção da PTCT (A) – responsável pelo planeamento estratégico ou planeamento *master*, ou seja, pela distribuição dos projectos ao longo do ano;
- Administração da ferramenta (B) – responsável pela consolidação do planeamento *master* na programação global, através da alocação os recursos aos projectos e respectivas actividades ao longo do tempo, assim como gerir, administrar, monitorizar e controlar os processos daí resultantes;
- Produção (C) – intervenientes directos na produção, com responsabilidades de programação detalhada e gestão de prioridades, de execução das tarefas na sua secção ou de logística;
- Em última análise, a ferramenta proposta pode estender-se ao resto da organização (D), como instrumento de análise de desempenho.

Para além da classe de utilizador associada, as funcionalidades podem ser classificadas como operacionais ou analíticas. De uma forma geral, estas últimas referem-se a *outputs* do sistema, enquanto as funcionalidades operacionais consistem maioritariamente em *inputs* dos utilizadores. Os requisitos da ferramenta apresentam-se esquematizados na Tabela 7 e descritos nas seguintes secções.

Tabela 7 – Requisitos Funcionais da Nova Ferramenta

	Operacionais (1)	Analíticas (2)
Direcção da PTCT (A)	A1 – Planeamento *master*	
Administração da ferramenta (B)	B1.1 – Programação B1.2 – Progresso e Afinação	B2 – Análise carga vs capacidade
Produção (C)	C1 – Progresso	C2.1 – Plano de trabalhos C2.2 – Necessidades de material
Geral (D)		D2.1 – *Status* dos Projectos em Curso D2.2 – Performance das Equipas D2.3 – Performance da Fábrica

4.2.1 Funcionalidades Disponíveis para a Direcção da PTCT

Este utilizador tem a seu cargo o planeamento estratégico da produção de transformadores Core, necessitando de carregar anualmente os projectos na plataforma, de acordo com prioridades da empresa.

A1 – Operacionais

A1 – Planeamento Master

Esta funcionalidade deve permitir o carregamento de um novo projecto para o portefólio de projectos[55] da fábrica, a partir da introdução das seguintes propriedades específicas desse mesmo projecto no projecto *standard*:

- Código do projecto;
- MVA do projecto (e breve descrição das características do transformador);
- Data de conclusão pretendida[16];

- Tempos previstos das tarefas.

4.2.2 Funcionalidades Disponíveis para a Administração da Ferramenta

É importante referir que o administrador da ferramenta, tal como o director da PTCT, pode aceder a qualquer uma das funcionalidades disponíveis; no entanto, de seguida apresentam-se aquelas cuja utilização lhes é exclusiva.

B1 – Operacionais

Ao nível operacional, a ferramenta tem como propósito facilitar a gestão comum dos projectos em curso, apresentando interfaces intuitivas e de simples utilização. Neste âmbito, as funcionalidades disponíveis podem ser consideradas de uma forma geral como *inputs*.

B1.1 – Programação

Com base no planeamento *master*, na análise de carga vs capacidade e ainda no feedback devolvido pela ferramenta de acordo com o progresso, deve ser realizada uma reprogramação do portefólio, aquando do carregamento de novos projectos. Esta funcionalidade deve, então, permitir:

- Ajustar as alocações dos novos projectos;
- Reprogramar os projectos ao longo do tempo;
- Consolidar o planeamento.

B1.2 – Progresso e Afinação

Esta funcionalidade tem como objectivos fundamentais a monitorização dos projectos em curso no portefólio e o controlo de prazos e cargas, a partir da análise de carga vs capacidade e do progresso dos projectos. O sistema apresenta um *output* com a informação necessária para o utilizador poder gerir as suas variáveis. Através de diagramas de Gantt a ferramenta deve permitir:

- Registar o progresso dos diversos projectos em curso;
- Ajustar as alocações de acordo com o mapa de programação actualizado.

C2 – Analíticas

C2 – Análise Carga vs Capacidade

Para uma correcta operacionalização da ferramenta, para além da actualização constante do progresso, é necessário que esta apresente de forma clara a utilização da fábrica. Esta funcionalidade é apresentada através de histogramas de carga que permitem ao administrador visualizar análises de carga vs capacidade para os diferentes recursos.

4.2.3 Funcionalidades Disponíveis para a Produção

De uma forma geral, estas funcionalidades destinam-se aos responsáveis dos centros de trabalho, tendo por objectivos simplificar-lhes a alocação dos recursos às tarefas e permitir o fácil registo do progresso das tarefas. Cada responsável pode aceder e inserir informações relativas às suas equipas.

Além destes, também deve ser utilizada pelo planeador ou pelo gestor da produção e ainda pelo armazém responsável directamente pela interface entre logística externa e logística interna.

C1 – Operacionais

C1 – Progresso

Esta funcionalidade deve permitir aos utilizadores introduzir os seguintes *inputs* das tarefas alocadas às respectivas linhas de produção:

- Data de início efectiva[19];
- Percentagem de conclusão[52];
- Data de conclusão efectiva[17].

C2 – Analíticas

C2.1 – Plano de trabalhos

De forma a permitir uma interpretação imediata do trabalho a desenvolver por cada centro de trabalho, durante um determinado período, a ferramenta deve disponibilizar os seguintes *outputs*:

- Carga média[12];
- Tempo acumulado[71] previsto e efectivo, desde o início do período;
- Projectos concluídos[61], desde o início do período;

Status das tarefas em curso no período seleccionado (ordenadas por datas de fim crescentes):

- Código do projecto;
- Nome da tarefa;
- Data de início[18];
- Data de conclusão;
- Tempo previsto[77];
- Percentagem de conclusão;
- Trabalho em falta[80];
- Tempo até à data prevista de entrega;
- *Status*.

C2.1 – Necessidades de Materiais

A função logística pode ser coordenada e melhorada através de mapas com as necessidades de materiais componentes ao longo do tempo. Para tal, o *output* gerado deve conter, para cada centro de trabalho:

- Código do projecto a que se destina;
- Nome genérico do material;
- Data pretendida para entrega na produção;
- Tempo até à data prevista de entrega;
- *Status*.

4.2.4 Funcionalidades Disponíveis para o Utilizador Geral

A nova ferramenta de planeamento tem, por fim, um conjunto de requisitos que se destina a consulta e análise de relatórios de desempenho da fábrica de transformadores Core. Este tipo

de *outputs* é útil para todos os intervenientes directos na produção, assim como para outros potenciais interessados da organização.

C2 – Analíticas

O sistema proposto deve fornecer *outputs* que funcionam como relatórios ou indicadores de desempenho, de acordo com o período escolhido pelo utilizador para a análise.

D2.1 – Status dos Projectos em Curso

Essencialmente para o gestor dos projectos, torna-se de extrema relevância a possibilidade de pesquisar os projectos em curso durante um período pretendido e verificar, nomeadamente, o seu *status* (se está atrasado) ou a tarefa em que se encontra. Deste modo, a ferramenta deve exibir as seguintes características para cada um dos projectos em curso seleccionados:

- Código do projecto e breve descrição das características do transformador;
- *Status*;
- Tempo até à data prevista de entrega;
- Percentagem de conclusão;
- Desvio do prazo[20].

Status de todas as tarefas do projecto (ordenadas por sequência de processamento e agrupadas por centro de trabalho):

- Nome da tarefa;
- Centro de trabalho;
- Data de início;
- Data de conclusão;
- Tempo previsto;
- Percentagem de conclusão;
- Trabalho em falta;
- Tempo até à data prevista de entrega;
- *Status*.

D2.2 – Performance das Equipas

Para além de visualizar o *status* e o progresso das tarefas em curso de cada centro de trabalho, é também importante avaliar a produtividade de cada uma, permitindo análises comparativas, assim como a identificação de eventuais problemas. Assim, propõe-se que o sistema apresente, por centro de trabalho, para o período seleccionado e em valores acumulados desde o início do ano, os seguintes indicadores:

- Carga média;
- Tempos de trabalho previsto e efectivo;
- Projectos concluídos previstos e efectivos;
- Eficiência;
- Capacidade efectiva;
- OEE;
- Utilização;
- Performance[53];

- Gráfico com projectos concluídos previstos e efectivos (em MVA acumulados).

D2.3 – Performance da Fábrica

Finalmente, a funcionalidade mais global da ferramenta proposta deve apresentar resultados da fábrica de transformadores Core de uma forma mais genérica, isto é, para o conjunto dos centros de trabalho e de projectos concluídos.

Os indicadores relevantes neste caso são exactamente os mesmos que avaliam a performance de cada centro de trabalho (D2.2 – Performance das Equipas), mas dirigidos e adaptados a toda a fábrica.

4.3 Especificação de Requisitos Não-funcionais

Para responder a estas necessidades, seleccionou-se como software de base o Microsoft Office Project que, durante a fase de construção, foi sendo personalizado para se adaptar à realidade e melhorado com exportação de dados para o Microsoft Office Excel. Esta concepção tem também em vista a posterior aplicabilidade da ferramenta na rede da empresa, com o suporte do Microsoft Office Project Server com Web Access. A estrutura do suporte lógico necessário resultante desta especificação encontra-se esquematizada na Figura 29.

Figura 29 – Esquema dos Suportes Lógicos da Ferramenta

4.4 Síntese do Capítulo

A proposta de solução para o problema analisado consiste numa personalização do Microsoft Office Project de acordo com a situação. Pretende-se que a difusão na empresa seja garantida pelo Microsoft Office Project Server com Web Access.

Os utilizadores da nova ferramenta foram classificados em direcção da PTCT, administração da ferramenta, produção e geral e os requisitos funcionais em operacionais e analíticos. A solução do problema deve incluir as funcionalidades de programação e registo do progresso que, processadas, permitem a visualização do progresso e a afinação, assim como a visualização de *outputs* como planos de trabalhos, *status* dos projectos em curso, análises de carga vs capacidade, necessidades de materiais e relatórios de performance.

5 Apresentação do Protótipo Desenvolvido

Depois de definidos os requisitos da solução durante a fase de concepção, a construção da ferramenta inicia-se com a sua parametrização, adaptada à situação em estudo. Posteriormente, deve proceder-se à personalização da aplicação de acordo com os requisitos e com as parametrizações especificados, isto é, ao carregamento do software com as especificações pretendidas. Finalmente, é necessário implementar as funcionalidades e documentar os procedimentos para utilização da nova ferramenta.

Neste capítulo explicitam-se os pressupostos e as opções tomadas no desenvolvimento da ferramenta final, ilustrados pelo ANEXO C. Os outputs gerados encontram-se no ANEXO D e o manual de utilização do ANEXO E. A documentação aqui apresentada tem, então, como principal objectivo possibilitar a correcta utilização das diferentes funcionalidades desenvolvidas na solução do problema.

5.1 Parametrização

Antes do arranque e da implementação da ferramenta, é necessário parametrizar as propriedades básicas da fábrica e do respectivo processo produtivo, isto é, as características da capacidade (recursos) e da carga (tarefas dos projectos) a serem imputadas na ferramenta.

5.1.1 Recursos da Fábrica

A produção de transformadores Core tem por base as seguintes cinco secções[65]: montagem do circuito magnético; isolantes; bobinagem; montagem; equipamento exterior e electrificação. No entanto, em termos de planeamento, tanto a secção de bobinagem como a de montagem subdividem-se em dois centros de trabalho independentes, uma vez que esta situação se aproxima mais da realidade da fábrica.

Dado que os horários de trabalho não são idênticos para toda a fábrica e que cada secção apresenta recursos diferentes nos diferentes turnos, torna-se necessário diferenciar os recursos disponíveis ao longo do tempo, de acordo com os calendários especificados na Tabela 8. Esta parametrização considera uma média ponderada dos horários dos turnos reais, adaptada para as diferentes equipas e baseada no estado da fábrica no mês de Abril do presente ano.

Tabela 8 – Calendários da Fábrica

Código	Hora de entrada	Hora de saída	Horas diárias[34]	Dias / mês
00:00_24	0:00	23:59	23,98	30
00:30_7,5	0:30	8:00	7,50	21
06:00_8,17	6:00	14:10	8,17	21
06:30_7,67	6:30	14:10	7,67	21
07:00_8,17	7:00	15:10	8,17	21
15:00_7,67	15:00	22:40	7,67	21
15:00_8,17	15:00	23:10	8,17	21
23:00_7,67	23:00	6:40	7,67	21

Além das referidas equipas, existem também os dois conjuntos de equipamentos de secagem (HOS e VP) que, apesar de serem da responsabilidade de secções, são alocados às tarefas de forma independente e a secção de carpintaria, que é comum às fábricas de transformadores Core e Shell.

Desta forma, os recursos que caracterizam a capacidade da fábrica de transformadores Core encontram-se parametrizados na Tabela 9.

Tabela 9 – Parametrização da Capacidade

Equipa		Recursos disponíveis	Calendário	Duração (horas)	Capacidade diária (horas)
Código[14]	Descrição				
T0300	Carpintaria	10	07:00_8,17	8,17	74
C0300_1	Montagem CM	6	06:00_8,17	8,17	57
C0300_2	Montagem CM	6	15:00_8,17	8,17	49
C0100_1	Isolantes	15	07:00_8,17	8,17	98
C0100_2	Isolantes	11	15:00_8,17	8,17	65
C0201_1	Bobinagem	23	07:00_8,17	8,17	180
C0201_2	Bobinagem	20	15:00_8,17	8,17	163
C0202_1	Estabilização e calibragem	3	07:00_8,17	8,17	25
C0202_2	Estabilização e calibragem	3	15:00_8,17	8,17	25
C0401_1	Formação de fases	3	06:00_8,17	8,17	25
C0401_2	Formação de fases	3	15:00_8,17	8,17	25
C0401_3	Formação de fases	3	00:30_7,5	7,50	8
C0402_1	Montagem	20	06:00_8,17	8,17	147
C0402_2	Montagem	15	15:00_8,17	8,17	155
C0402_3	Montagem	12	00:30_7,5	7,50	23
HOS	*Hot Oil Spray*	2	00:00_24	23,98	48 (7 dias / semana)
VP	*Vapour Phase*	1	00:00_24	23,98	24 (7dias / semana)

5.1.2 *Tarefas do Projecto* Standard

Como já foi explicado, cabe ao gestor dos projectos o carregamento dos novos projectos. Para tal, apenas necessita de introduzir dados como o código e os MVA do projecto, seleccionar uma data de conclusão pretendida para a montagem final e o bloco de tempos associado ao projecto, uma vez que as tarefas, assim como os respectivos blocos de tempos e cargas, estão já parametrizados no sistema.

Carga

A Tabela 10 apresenta, então, a lista de tarefas do processo produtivo incluídas na ferramenta, evidenciando a sua designação, assim como o tempo previsto de acordo com o bloco de tempos e a alocação de recursos.

Tabela 10 – Parametrização da Carga

Actividade	Carga (horas)		Alocação	
Designação	Trabalho médio	Tempo médio / recurso	Centro de Trabalho	Quantidade de Recursos
Actividades paralelas				
Travessas / Corte chapa				
Cubas / Equipamento exterior				
Carpintaria				
Madeiras para CM	10	10	T0300	1
Madeiras para formação de fases	30	15	T0300	2
Madeiras para ligações	30	15	T0300	2
Montagem CM	200	67	C0300	3
Isolantes				
Isolantes para bobinagem	50	25	C0100	2
Isolantes para CM	5	10	C0100	1
Isolantes para formação de fases	60	20	C0100	3
Isolantes para ligações	5	10	C0100	1
Bobinagem				
Bobinagem AT	170	24	C0201	7
Bobinagem BT	60	8	C0201	7
Bobinagem Regulação	70	10	C0201	7
Bobinagem MT	70	10	C0201	7
Bobinagem Estabilização	20	3	C0201	7
Bobinagem Pré-selecção	20	3	C0201	7
Estabilização e Calibragem				
Preparação para estabilização	50	25	C0202	2
Estabilização	50	50	HOS	1
Calibragem	100	33	C0202	3
Formação de fases	**130**	**43**	**C0401**	**3**
Ligações internas	**370**	**123**	**C0402**	**3**
Secagem VP	**50**	**50**	**VP**	**1**
Montagem final	**70**	**18**	**C0402**	**4**

Relativamente ao trabalho, convém referir que na Tabela 10 apenas se apresentam os valores médios, sendo que a ferramenta inclui os valores de tempos previstos de todas as tarefas para os diferentes quinze blocos de tempos.

Alocação

Em termos de alocação, apresentam-se também na Tabela 10 os valores médios por centro de trabalho, sendo que foram depois adequados à capacidade de cada equipa. A alocação pretende possibilitar a criação de um fluxo unitário, a partir da homogeneização do tempo médio que cada transformador demora nas diferentes tarefas paralelas e do número médio de transformadores em simultâneo em cada centro de trabalho (entre dois e três).

O calendário de trabalho de uma tarefa específica é dado pelo cruzamento do calendário da fábrica Core (24 horas por dia em todos os dias úteis) e o dos recursos alocados à tarefa. Este cálculo, por defeito, é feito pela seguinte ordem de prioridades: calendário dos recursos, calendário do projecto e calendário da tarefa.

Sequência de Actividades

Finalmente, o diagrama da Figura 30 apresenta as precedências entre as tarefas de um mesmo projecto. A vermelho representam-se as tarefas consideradas como caminho crítico.

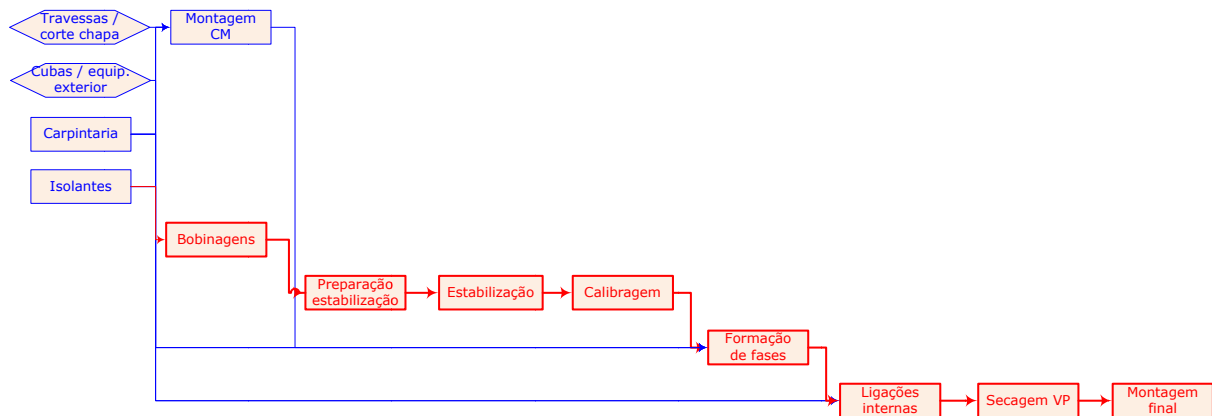



Figura 30 – Diagrama de Rede dos Projectos

Há ainda que referir que as tarefas de bobinagem estão parametrizadas sequencialmente, sendo que cada uma pode começar quando 90% da anterior estiver concluída e que a preparação para estabilização pode iniciar quando as bobinas AT, BT e regulação estiverem concluídas e as MT, estabilização e pré-selecção estiverem a meio. As restantes tarefas são do tipo *finish-to-start*, isto é, iniciam-se quando a(s) precedente(s) terminar(em) e estão programadas para começar *as late as possible*, isto é, na data mais tarde possível que não atrase o projecto.

5.2 Personalização da Ferramenta

De forma a adequar a ferramenta à situação descrita, é então necessário especificar um conjunto de customizações que façam cumprir os requisitos. De seguida apresentam-se as personalizações, que passam pelo modo de exibição do tempo em que não há trabalho, pelo destaque de determinadas tarefas nas barras, pela adição de texto às barras, assim como criação de formulários, calendários ou módulos de cálculo.

5.2.1 Interface de Acesso ao Sistema

Numa primeira fase, o acesso ao sistema faz-se pela abertura de um dos dois ficheiros base do Microsoft Office Project, conforme o utilizador pretenda carregar um novo projecto ou analisar o portefólio de projectos. Posteriormente, pretende-se que o acesso seja feito a partir do Project Server, implicando o *login* de acordo com o utilizador.

As diversas funcionalidades do sistema são acedidas fundamentalmente a partir da barra de ferramentas da Figura 31.

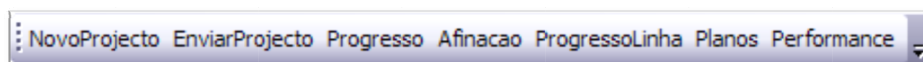



Figura 31 – Menu de Acesso às Funções da Ferramenta

5.2.2 Vistas

A personalização de vistas refere-se fundamentalmente a aspectos de formatações ou de tipos de exibição e também a opções de campos apresentados. As vistas customizadas a partir das existentes estão descritas de seguida e ilustradas no ANEXO C.

Gantt *Template*

Esta vista consiste num mapa de programação personalizado, baseado no Gantt *Chart*. Esta vista pré-definida do Microsoft Office Project consiste na lista das tarefas no lado esquerdo e nas barras com as respectivas durações no lado direito da vista.

A vista Gantt *Template* está adaptada em termos de estilos das barras e do texto para o ficheiro *Template* e para a criação de um novo projecto (ANEXO C – Figura 43) e apresenta do lado esquerdo a Tabela *Template*, descrita à frente. Assim, esta lista de tarefas com respectivos recursos alocados e trabalho apenas apresenta os valores previstos para as diferentes tarefas; as barras das *summary tasks* apresentam o nome acima; e todas as barras apresentam as datas de início e de conclusão.

Gantt Progresso

Tal como a Gantt *Template*, esta vista também se refere a um diagrama de Gantt; neste caso, das actividades previstas e realizadas, adaptado para uma visualização mais fácil do portefólio de projectos (ANEXO C – Figura 44).

Por exemplo, as barras das tarefas de primeiro nível estão diferenciadas por cores, de forma idêntica em todos os projectos; a altura das linhas é reduzida, de forma a visualizar-se um maior conjunto de tarefas; as barras estão divididas horizontalmente, apresentando a barra superior os valores actuais e a inferior os previstos. A legenda destas barras encontra-se especificada no capítulo das opções de personalização. À esquerda do diagrama, ainda é apresentada a Tabela Progresso, descrita à frente.

Vista Utilização Recursos

Esta vista, baseada na *Resource Usage*, apresenta para cada equipa os valores diários do seu trabalho previsto inicialmente, previsto actualmente e efectivo (ANEXO C – Figura 45). Ainda inclui do lado esquerdo a Tabela Utilização Recursos, apresentada mais à frente.

A Vista Utilização Recursos assinala a vermelho as sobrealocações e facilita a análise da carga atribuída aos diferentes recursos.

Vista Progresso

A Vista Progresso adequa-se à visualização e registo do progresso, tendo como principais campos, para cada tarefa, os seguintes: datas de início e de conclusão previstas, actuais e efectivas; especificação do trabalho alocado a cada equipa (ANEXO C – Figura 47).

5.2.3 Tabelas

Tal como as vistas, as tabelas são adequadas à ferramenta a partir da customização de tabelas já existentes. As tabelas apresentadas, excepto a Lista Recursos, estão incluídas em vistas.

Tabela *Template*

A Tabela *Template* (ANEXO C – Figura 48), utilizada no ficheiro parametrizado como *standard*, é constituída pelos seguintes campos: Tarefa; Trabalho; Data de início; Data de conclusão; Recursos. As tarefas incluídas nesta tabela ainda têm mais dois campos personalizados: *flags* (marcação que distingue as tarefas de nível 1, diferenciando-as, depois no diagrama de Gantt); bloco de tempos (tempo previsto da tarefa, para cada bloco de tempos).

Lista Recursos

A tabela com o conjunto de todos os recursos da fábrica, quer para o projecto *standard*, quer para o portefólio de projectos (ANEXO C – Figura 49), inclui os campos: Equipa, Recursos disponíveis, Calendário, Duração do turno, Capacidade diária, Centro de Trabalho.

Tabela Progresso

Para visualização e registo do progresso, os campos da respectiva tabela são: Projecto, Tarefa, *Status*, % Conclusão, Trabalho previsto, Trabalho efectivo, Trabalho em falta, Data de início, Data de conclusão.

Tabela Utilização Recursos

Finalmente, a tabela baseada na *Resource Usage* é composta pelos campos: Centro de trabalho, Equipa e Trabalho.

5.2.4 Formulários

Os formulários utilizados pela ferramenta apresentam-se na Figura 52 (*UserForm*2), na Figura 53 (*UserForm*1), na Figura 54 (*UserForm*4), Figura 55 (*UserForm*5) do ANEXO C e ainda no formulário Progresso Linha personalizado para registo do progresso (Figura 32).

Figura 32 – Formulário Progresso Linha

5.2.5 Calendários

No menu *Tools*, na opção *Change Working Time* devem ser especificados cuidadosamente os calendários, uma vez que representam um conjunto de parametrizações de extrema relevância para a correcta programação das tarefas. Os calendários devem incluir o horário de trabalho diário, a quantidade de horas de trabalho semanais e os dias de trabalho num mês e no ano e apresentam-se de seguida.

- Core – cuja disponibilidade é de 24 horas por dia, 7 dias por semana e 365 dias por ano;
- Calendários definidos na Tabela 8, através de um código que representa a hora de início, separada da duração pelo símbolo "_":
    - 00:00_24 – semelhante ao Core;
    - Restantes – diferem no horário de trabalho diário, de acordo com as respectivas especificações, nas horas de trabalho semanais, que são 40 em detrimento de 168, e nos dias de trabalho no ano, que excluem fins-de-semana e feriados;
- Fábrica – 24 horas diárias mas com trabalho apenas nos dias úteis.

5.2.6 Opções

De seguida apresentam-se as principais opções de customização do ficheiro de Project.

- *Organizer* – deve incluir vistas, relatórios, módulos, formulários, tabelas, filtros, calendários, barras de ferramentas e campos, personalizados de acordo com as especificações anteriores;
- Separador *View* – a data deve estar segundo o formato "dd-mm-aa hh:mm";
- Separador *Edit* – as unidades devem ser "h" para horas, "d" para dias e "w" para semanas;
- Separador *Schedule* – as unidades de recursos[81] alocados devem ser apresentadas como decimais, o tipo de tarefa[78] por defeito deve ser *Fixed Work* e a opção "*Autolink inserted or moved tasks*" não deve estar seleccionada;
- *Project Information* – a programação deve ser feita a partir da data de conclusão do projecto e o calendário a utilizar deve ser o Core;
- *Levelling* – o nivelamento deve ser manual, com a ordem "Priority, Standard" e com as opções"Level only within available slack" e "Levelling can adjust individual assignments on a task";
- *Timescale* – a faixa superior deve ter os meses, a intermédia as semanas e a inferior os dias da semana e os fins-de-semana e feriados caracterizados pelo calendário Fábrica devem estar assinalados a cinza;
- Impressão – de forma a permitir uma comunicação mais eficiente da informação do portefólio contida na Tabela Progresso e na Tabela *Template*, a configuração da impressão é feita para folhas A3, inclui as notas (descrição dos projectos, com as respectivas características eléctricas), possui margens pequenas para optimização do espaço e no rodapé pode visualizar-se o número da página e a data de impressão;
- Os estilos das barras do diagrama da vista Gantt Progresso, caracterizados pela cor, forma, padrão e altura, estão definidos na Figura 33.

Figura 33 – Legenda das Barras do Diagrama de Gantt

5.2.7 *Ficheiros*

O conjunto de personalizações referidas resulta nos ficheiros utilizados pela ferramenta que são sucintamente especificados de seguida. A maior parte utiliza vistas combinadas, a partir da divisão do ecrã, para a visualização de informação detalhada de recursos ou tarefas de formas diferentes em simultâneo.

Template

Este ficheiro é baseado no planeamento, que inclui o trabalho de todas as tarefas para os quinze blocos de tempos *standard*, as precedências entre tarefas e ainda a alocação dos recursos, a partir do ficheiro partilhado denominado recursos. Graficamente, este ficheiro é semelhante à Figura 34, esquematizada pela seguinte vista:

Tabela *Template*	Gantt *Template*

ID	Tarefa	Trabalho	Data de início	Data de conclusão	Recursos
1	Actividades paralelas	390 h	09-04-08	24-04-08	
14	Bobinagem	410 h	11-04-08	17-04-08	
21	Estabilização e Calibragem	180 h	17-04-08	21-04-08	
25	Formação de fases	130 h	21-04-08	24-04-08	C0401_1[3];C0401_2[3];C0401_3
26	Ligações internas	370 h	24-04-08	06-05-08	C0402_1[3];C0402_2[3];C0402_3[3]
27	Secagem VP	50 h	06-05-08	08-05-08	VP
28	Montagem final	70 h	08-05-08	09-05-08	C0402_1[4];C0402_2[4];C0402_3[2]
29	Equipamento exterior e Electrificação	140 h	16-05-08	27-05-08	C0500_1[2];C0500_2[2]
30	Ensaios	60 h	27-05-08	30-05-08	

Figura 34 – Vista do Ficheiro Template

Recursos

Para possibilitar a partilha de recursos pelos diferentes projectos, existe um ficheiro conhecido como *resource pool*. A visualização é feita apenas por uma tabela:

Novo Projecto

O ficheiro que responde às funcionalidades A1 (planeamento *master*) B1.1 (programação) é criado a partir das macros NovoProjecto e EnviarProjecto e resulta em vistas adequadas à gestão de alocações de recursos:

Tabela *Template*	Gantt *Template*
Task Form	

Portefólio

Para o controlo (funcionalidade B1.2) do portefólio de projectos, duas macros personalizam o ficheiro, conforme se trate de visualização e registo do progresso ou afinação das alocações.

Progresso

Para observação, registo e ajuste do progresso e da gestão de prioridades, o utilizador deve aceder aos valores previstos, actuais e efectivos para as datas de início e conclusão, aos constrangimentos, às prioridades, à alocação de recursos e ao trabalho. A exibição adequada para tal (ANEXO C – Figura 56) é a seguinte:

Tabela Progresso	Gantt Progresso
Vista Progresso	

Afinação

Em termos de nivelamento de recursos ao longo do tempo, a interface, para além do mapa de programação, deve mostrar a carga atribuída a cada equipa, em termos previstos, actuais e efectivos, numérica e graficamente, destacando as sobrealocações, de forma a facilitar a respectiva afinação. Define-se a seguinte vista (ANEXO C – Figura 57):

Tabela Progresso	Gantt Progresso
Tabela Utilização Recursos	Vista Utilização Recursos

Esta vista pode ainda ser personalizada através da substituição da Vista Utilização Recursos pelo histograma de utilização da Figura 46 (ANEXO C).

5.3 Síntese do Capítulo

A resolução do problema passou pela parametrização da carga e da capacidade da fábrica e respectiva imputação no software de suporte, pela personalização do mesmo de acordo com as funcionalidades requeridas, pela criação de módulos de exportação de dados e ainda pelo desenvolvimento do manual de utilização. Algumas das interfaces e dos *outputs* resultantes apresentam-se na Figura 35.

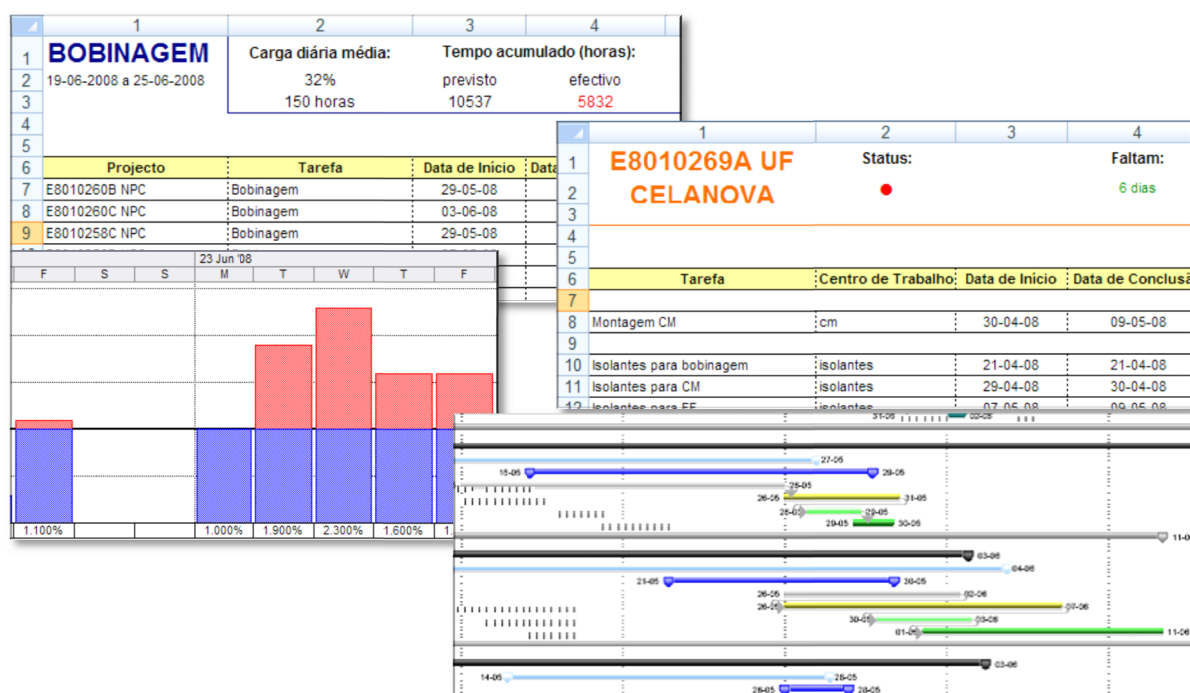



Figura 35 – Interfaces da Nova Ferramenta

6 Análise de Resultados

Partindo da nova ferramenta especificada e desenvolvida, antes da implementação definitiva foi realizada uma fase de testes e afinação. Para tal, definiu-se uma amostra para o estudo e um conjunto de variáveis que permitissem a avaliação da sua performance, procedendo-se durante esse período à sua utilização.

De seguida, explicitam-se as especificações do objecto de estudo e das métricas seleccionadas para a validação da ferramenta. Posteriormente, apresentam-se os principais resultados da análise e, finalmente, é feita uma análise crítica aos mesmos.

6.1 Objecto de Estudo e Métricas Utilizadas

O problema consiste fundamentalmente na avaliação da adequabilidade da nova ferramenta de planeamento à produção dos transformadores Core. Para tal, realizou-se uma fase de implementação do protótipo da ferramenta e dos respectivos testes, caracterizada pelas especificações descritas de seguida.

6.1.1 Objecto de Estudo

Observações das seguintes variáveis quantitativas discretas: data de início, duração e trabalho. Estas variáveis foram estudadas para a amostra representativa definida abaixo, em valores previstos e efectivos.

Período de Análise

Abril a Agosto de 2008 (150 dias).

Objecto de Análise

Produção de 24 transformadores nesse período, discriminada em 141 tarefas no caso da comparação com a actual ferramenta (análise restringida às tarefas de nível um do caminho crítico) e em cerca de 500 para as restantes análises (incluindo o desdobramento de tarefas de nível um e também as tarefas não críticas especificadas).

Metodologia

Para as previsões, a imputação de dados na ferramenta foi feita a partir da data da montagem final planeada na ferramenta actual. Para os dados efectivos, a imputação foi feita a partir dos tempos registados no Baan para as tarefas correspondentes e, na sua ausência, a partir da programação ajustada da nova ferramenta e do utilizador.

Os dados recolhidos consistem nos valores assumidos pelas três variáveis definidas, para o objecto de análise, em ambas as ferramentas e em termos previstos e efectivos.

6.1.2 Métricas Utilizadas

Especificação das métricas seleccionadas para a avaliação e validação da nova ferramenta.

Métricas

Para cada uma das três variáveis em estudo (data, duração e trabalho), efectua-se uma comparação entre as previsões e a realidade e entre os dados da ferramenta actual e os da nova

ferramenta. Utilizam-se, para além da média e da variabilidade dos desvios, medidas de correlação que representam a relação ou o grau de dependência entre duas variáveis, gráficos de dispersão e séries temporais e ainda é aplicada uma regressão linear simples, como extensão do conceito de correlação e covariância, que mede a proporção da variabilidade da variável dependente que é explicada pela independente. A análise da carga ainda complementa o estudo, a partir de conceitos fundamentais da gestão de projectos e da programação.

Avaliação

Através deste estudo, pode comparar-se os *outputs* das duas ferramentas, avaliar-se a potência de previsão da nova ferramenta, afinar as alocações dos recursos às tarefas e ainda fazer uma análise de carga / capacidade da fábrica.

6.2 Principais Resultados

6.2.1 Comparação entre Ferramentas

Os *inputs* deste estudo consistiram no conjunto de todos os valores previstos e efectivos das datas iniciais e das durações das tarefas de bobinagem, estabilização e calibragem, formação de fases, ligações internas, secagem VP e montagem final, de ambas as ferramentas. De seguida listam-se as principais ilações que podem ser feitas pela análise destes dados.

6.2.1.1 Dados Efectivos

Esta avaliação analisa a similaridade de registo do progresso entre a actual ferramenta e a nova auxiliada pelo Baan.

Data de Início

A informação relativa à variação entre as datas de início registadas nas duas ferramentas, para as diferentes tarefas e para os projectos concluídos, está sucintamente apresentada na Tabela 11. Os valores da variação máxima e da tendência do sinal da variação estão apresentados de acordo com a nova ferramenta face à antiga.

Tabela 11 – Resultados das Datas de Início Efectivas

Por tipo de tarefa	**Variação absoluta média**	1 dia	
	Variação máxima	1 dia mais tarde	(ligações internas)
	Sinal da variação	mais cedo	(em geral)
	Correlação mínima	0,84	(ligações internas)
	Correlação máxima	0,98 e 0,99	(restantes)
Por projecto completo	**Variação média**	0 dias	
	Variação absoluta média	2 dias	
	Correlação	0,99	

Duração

A informação relativa à variação entre as durações registadas nas duas ferramentas, para as diferentes tarefas e para os projectos concluídos, está sucintamente apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados das Durações Efectivas

Por tipo de tarefa	**Variação absoluta média**	2 dias	
	Variação máxima	5 dias maior	(bobinagem)
	Sinal da variação	maiores	(todas as tarefas)
	Correlação mínima	0,01	(montagem final)
	Correlação máxima	0,70	(bobinagem)
Por projecto completo	**Variação média**	1 dia	
	Variação absoluta média	4 dias	
	Correlação	0,83	

6.2.1.2 Dados Previstos

Esta avaliação analisa a similaridade de previsão entre a actual ferramenta e a nova.

Data de Início

A comparação feita para esta variável, em termos de tipo de tarefa, do conjunto das 141 e ainda dos projectos como um todo encontra-se sintetizada na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados das Datas de Início Previstas

Por tipo de tarefa	**Variação absoluta média**	4 dias	
	Variação máxima	6 dias mais cedo	(bobinagem)
	Sinal da variação	mais cedo	(todas as tarefas)
	Correlação mínima	0,95	(bobinagem)
	Correlação máxima	1,00	(LI e MF)
Conjunto das tarefas	**Correlação**	0,98	
	R^2	0,95	
Por projecto completo	**Variação média**	6 dias	
	Variação absoluta média	9 dias	
	Correlação	0,95	

Duração

No que se refere às previsões das durações, a variabilidade dos desvios entre as duas ferramentas é já bastante superior, como pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados das Durações Previstas

Por tipo de tarefa	**Variação absoluta média**	2 dias	
	Variação máxima	3 dias menor	(ligações internas)
	Sinal da variação	maiores	(em geral)
	Correlação mínima	negativa	(formação de fases)
	Correlação máxima	0,62	(ligações internas)
Conjunto das tarefas	**Correlação**	0,46	
	R^2	0,20	
Por projecto completo	**Variação média**	-3 dias	
	Variação absoluta média	8 dias	
	Correlação	0,60	

6.2.1.3 Relação entre Previstos e Efectivos

Ainda na comparação entre as duas ferramentas, pode avaliar-se na Tabela 15 o grau de capacidade de previsão de ambas, a partir dos erros entre valores efectivos e previstos das 141 tarefas. Acrescenta-se que ambas as ferramentas apresentam valores médios de datas de início e de durações previstas inferiores às efectivas.

Tabela 15 – Resultados da Capacidade de Previsão

		Actual	Nova
Data de início	**Variação absoluta média**	16	15
	Desvio padrão	12	11
Duração	**Variação absoluta média**	3	4
	Desvio padrão	2	3

6.2.2 Potência de Previsão da Nova Ferramenta

A validação da nova ferramenta deve, no entanto, estar mais dependente da sua capacidade de previsão do que da semelhança com a ferramenta actual. Assim, de seguida apresentam-se os principais dados relativos a variações entre as observações previstas e as efectivas da ferramenta do Project.

6.2.2.1 Por Tipo de Tarefa

Data de Início

Relativamente às datas de início médias, para cada um dos tipos de tarefa, encontram-se na Tabela 16 os principais resultados dos dados obtidos.

Tabela 16 – Resultados das Datas de Início das Diferentes Tarefas

Variação absoluta média	≈ 19 dias	
Variação máxima	21 dias mais cedo	(bobinagem)
Variação mínima	16 dias mais cedo	(montagem final)
Sinal da variação	mais cedo	(todas as tarefas)
Correlação mínima	0,83	(ligações internas)
Correlação máxima	0,89	(secagem VP)

É importante referir que, predominantemente, as tarefas realizam-se mais tarde do que o previsto pela nova ferramenta de acordo com os *inputs* inseridos (data final pretendida, carga e capacidade). As tarefas atrasam-se progressivamente menos, desde a bobinagem até à montagem final. O coeficiente de correlação é relativamente constante para todas as tarefas.

Duração

A análise da previsão das durações não é tão linear como a anterior, variando bastante de acordo com o tipo de tarefa. Os principais resultados encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados das Durações das Diferentes Tarefas

Variação absoluta média	< 3 dias	
Variação máxima	7 dias menor	(bobinagem)
Variação mínima	1 dias maior	(formação de fases)

Sinal da variação	maiores	(em geral)
Correlação mínima	0,38	(montagem final)
Correlação máxima	0,71	(formação de fases)

Importa salientar que os desvios médios são reduzidos, com a excepção das tarefas de bobinagem, cuja diferença média é bastante superior e de sinal contrário. De forma geral, estes desvios apresentam alguma variabilidade.

6.2.2.2 *Conjunto das Tarefas*

O estudo das 141 tarefas da amostra foi mais aprofundado, auxiliando-se em gráficos de dispersão representativos da correlação, gráficos com todas as observações de ambas as séries ao longo do tempo e ainda a aplicação de regressões.

Data de Início

Numa primeira observação dos gráficos de dispersão e das duas séries ao longo das 141 tarefas, verificou-se facilmente um conjunto de observações que quebravam a homogeneidade das restantes. De facto, houve transformadores cuja data de entrega foi alterada substancialmente ao longo do projecto. Assim, as datas de início previstas para as tarefas do projecto E8010292A foram aqui adiantadas 60 dias e as dos projectos E8010291A e E8010295A 30 dias.

O gráfico da Figura 36 representa a dispersão das observações desta variável prevista pela ferramenta relativamente aos seus valores reais. A correlação entre as duas séries de dados é de 0,88. Além disso, de uma forma geral as datas previstas são mais cedo do que as efectivas, o que pode ser verificado pela inclinação da recta da tendência inferior à unidade.

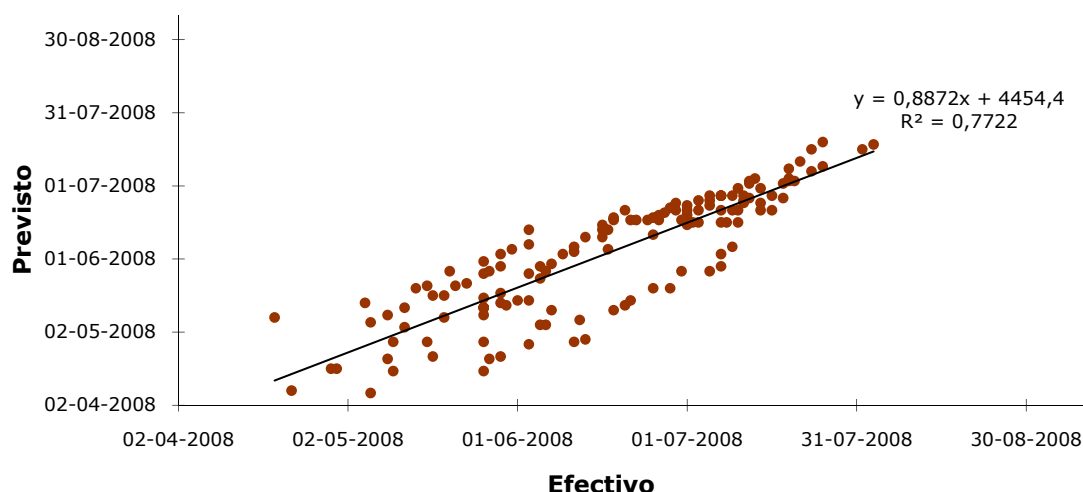



Figura 36 – Gráfico de Dispersão das Observações das Datas de Início

Pode ainda visualizar-se a variação das duas séries para todas as observações, no gráfico da Figura 37. Confirma-se que as datas efectivas são geralmente mais tardias do que as previstas e ainda que ambas se vão aproximando progressivamente da bobinagem até à montagem final.

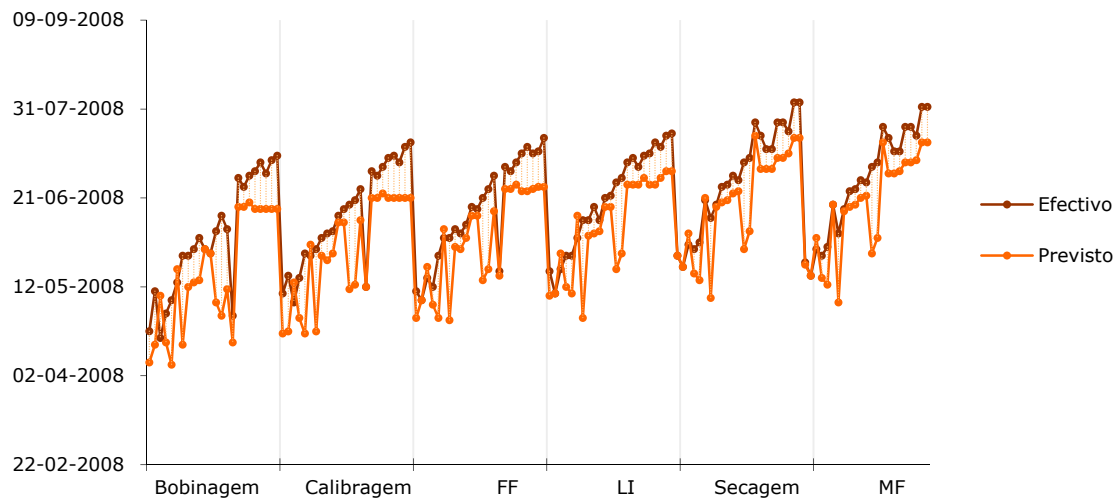



Figura 37 – Gráfico das Observações das Datas de Início

Finalmente, pode avaliar-se estes dados através duma regressão linear simples que, como indicado na Figura 36, apresenta um R^2 ajustado de 0,77.

Duração

Numa primeira observação do gráfico das duas séries ao longo das 141 tarefas e dos respectivos dados, pôde destacar-se o comportamento das observações da bobinagem. De facto, como já foi referido, estas tarefas demoram em média mais 6,7 dias do que o previsto, enquanto as restantes demoram em média menos 0,4 dias do que o previsto. Assim, e uma vez que foi identificado um problema de carga ou de alocação ou simplesmente de falta de produtividade do centro de trabalho, e de forma a não perturbar significativamente os resultados, as durações previstas das tarefas de bobinagem foram, neste ponto, aumentadas em 7 dias (valor médio do desvio).

O gráfico da Figura 38 representa a dispersão das observações desta variável prevista pela ferramenta relativamente aos seus valores reais. A correlação entre as duas séries de dados é de 0,83. Além disso, de uma forma geral as durações previstas são menores do que as efectivas, o que pode ser verificado pela inclinação da recta da tendência inferior à unidade.

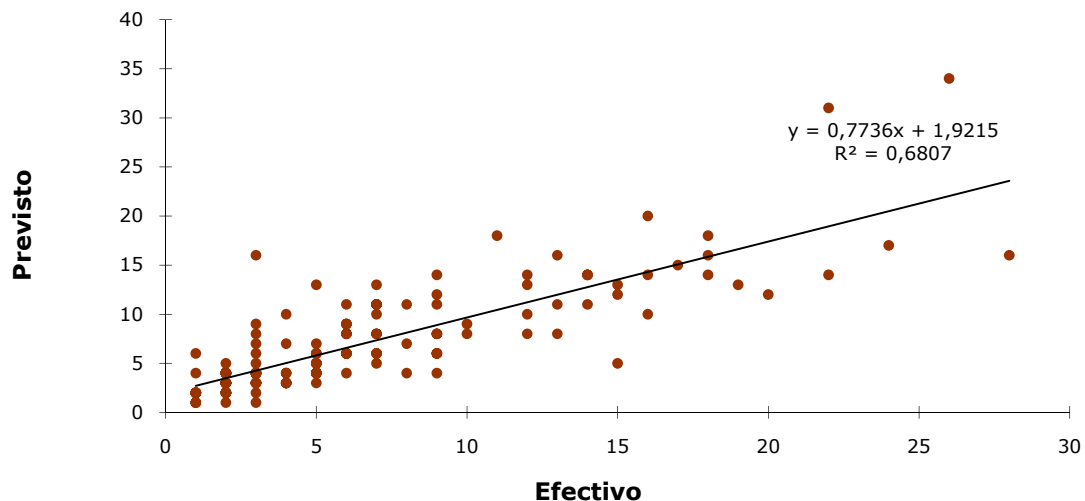



Figura 38 – Gráfico de Dispersão das Observações das Durações

Pode ainda visualizar-se a variação das duas séries para todas as observações, no gráfico da Figura 39. Confirma-se que, ao contrário das datas de início, a variação entre durações efectivas e previstas não apresenta uma tendência clara nem significativa. De facto, a área entre as linhas das duas séries é relativamente reduzida. Além disso, podem distinguir-se comportamentos particulares para os diferentes tipos de tarefas.

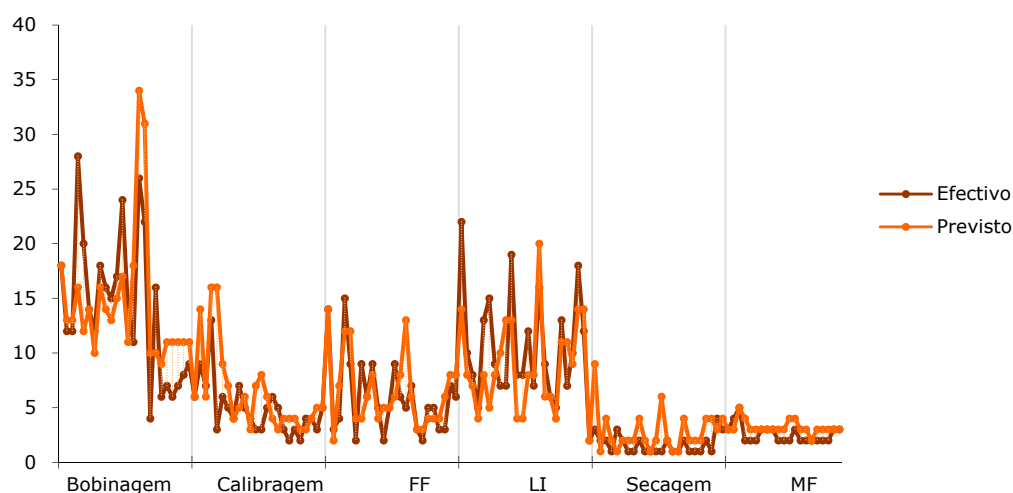



Figura 39 – Gráfico das Observações das Durações

Finalmente, pode avaliar-se estes dados através duma regressão linear simples que, como indicado na Figura 38, apresenta um R^2 ajustado de 0,68.

6.2.2.3 *Projecto Completo*

Finalmente, o estudo da potência da nova ferramenta para a previsão das variáveis data e duração foi completado com a análise destes dados para os 24 projectos completos.

Data de Início

Com as correcções do atraso dos três projectos referidos, os datas de início previstas dos 24 projectos são comparadas com as efectivas na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultados das Datas de Início dos Projectos

Variação absoluta média	≈ 18 dias	
Variação máxima	45 dias mais cedo	
Sinal da variação	Mais cedo	(excepto uma observação)
Correlação	0,86	
R^2	0,72	

Duração

Relativamente às durações, os resultados dos dados não sujeitos a correcções apresentam-se na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultados das Durações dos Projectos

Variação absoluta média	≈ 7 dias	
Variação máxima	21 dias maior	
Sinal da variação	maiores	(mais de 2/3 dos projectos)

Correlação	0,62
R^2	0,36

6.2.3 Estudo da Carga e da Alocação

A recolha de dados para análise da ferramenta conclui-se com a variável carga, caracterizada fundamentalmente pelo trabalho e pelas unidades de recursos alocadas, apresentada de seguida. Deste estudo, pode avaliar-se não só a qualidade do planeamento (a montante da programação), como também a performance da fábrica.

6.2.3.1 Mão-de-obra Alocada

Os ajustes da ferramenta devem ainda ter em conta as alocações dos recursos aos diferentes tipos de tarefas. Assim, na Tabela 20 apresentam-se os valores da mão-de-obra de cada equipa, por turno, necessária para realizar o trabalho efectivo médio por projecto nas durações previstas, isto é, a alocação que teoricamente permite o cumprimento das tarefas com o trabalho efectivamente necessário, na duração pretendida. Apresentam-se ainda os mesmos valores, mas calculados a partir dos registos do Baan e que, portanto, representam a mão-de-obra efectivamente utilizada, média, por tarefa em cada projecto.

Tabela 20 – Mão-de-obra Média Alocada por Projecto

	Project	Baan
Bobinagem	9,0	4,1
Formação de fases	1,5	6,9
Ligações internas	5,9	2,2
Montagem final	6,9	4,4

A alocação média, para as diferentes tarefas do conjunto de projectos em estudo, de acordo com os tempos registados no Baan, encontra-se graficamente representada na Figura 40.

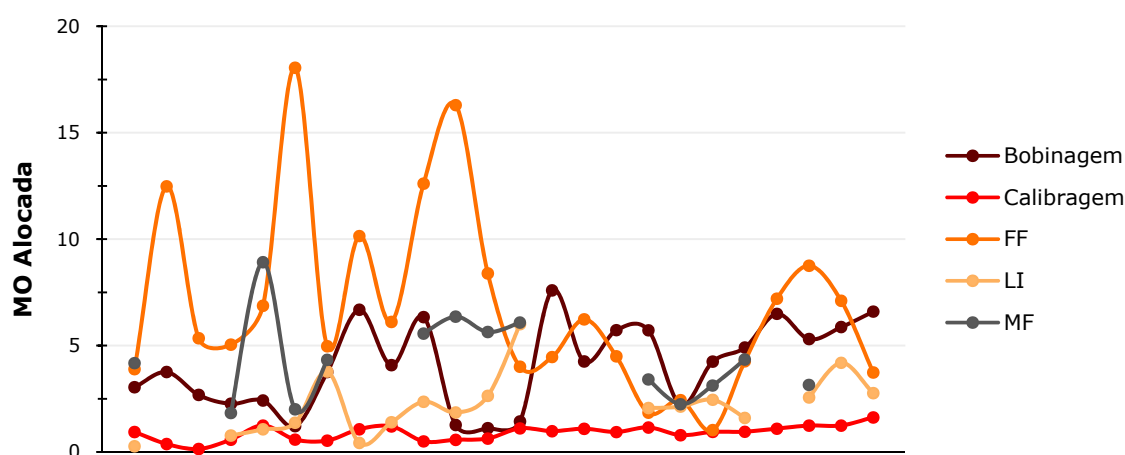



Figura 40 – Mão-de-obra Média Alocada aos Projectos

6.2.3.2 Trabalho

Na Tabela 21 apresentam-se os valores médios da carga atribuída aos projectos em estudo, para as diferentes tarefas, obtidos na nova ferramenta, em termos previstos e efectivos. Acrescenta-se que na realidade as tarefas demoram cerca de 20% mais tempo do que o planeado.

Tabela 21 – Trabalho Médio das Diferentes Tarefas

	Previsto	Efectivo
Bobinagem	910	1200
Calibragem	560	630
Formação de fases	280	240
Ligações internas	680	910
Montagem final	130	170

6.3 Interpretação dos Resultados

Apresentados todos os dados em estudo, é possível fazer alguns comentários, assim como deduções e críticas de resultados. A análise não estaria completa sem as consequentes afinações resultantes dessas conclusões.

6.3.1 Análise das Variáveis Data de Início e Duração

Da análise comparativa das duas ferramentas, constata-se:

- A duração das tarefas não é idêntica, essencialmente porque o processo produtivo na actual ferramenta se encontra sequencial, sem **sobreposição de tarefas**, enquanto a nova ferramenta considera a duração total das tarefas, incluindo a execução simultânea;
- A discordância dos dados reais pode dever-se a erros na **imputação de dados** na actual ferramenta ou no Baan (que, consequentemente, tem implicações na nova ferramenta);
- A nova ferramenta apresenta uma **capacidade de previsão superior**, com erros menores e mais constantes, para ambas as variáveis;
- Os erros de previsão devem-se fundamentalmente a **imponderáveis na produção**, mas também a relações entre o **trabalho** e a **alocação** não coincidentes com a realidade.

Relativamente às previsões das datas de início das tarefas, pode verificar-se:

- As previsões são geralmente **mais cedo** do que a realidade, sendo que os projectos acabam por atrasar cerca de 18 dias;
- As séries de dados previstos e efectivos apresentam **boas correlações** (com coeficientes superiores a 0,8);
- A variabilidade dos erros é pequena, sendo que as previsões se afastam da realidade devido aos atrasos no início dos projectos (e, consequentemente, na sua entrega), ou seja, as datas sofrem aproximadamente uma **translação**;
- No entanto, os atrasos são sucessivamente menores ao longo do processo produtivo, o que significa que há alguma **produção simultânea** de tarefas consecutivas ou uma **capacidade de recuperação** crescente ao longo do processo.

No que diz respeito às durações, é possível averiguar os seguintes factos:

- Globalmente, a **diferença** entre as previsões e a realidade da duração das tarefas é **reduzida**, acabando por não se tornar significativa (excepto no caso da bobinagem);
- Os projectos completos previstos, de forma geral, duram mais do que os efectivos, o que pode comprovar a referida **intercepção de tarefas** na realidade;
- A duração na nova ferramenta é **bem calculada**, visto que ao inserir a data de início do Baan e o respectivo trabalho, a data de conclusão resultante é, de forma geral, idêntica à real.

Finalmente, apresentam-se críticas aos resultados de tarefas que assumem particularidades.

Bobinagem

- Comparativamente com a ferramenta actual, a nova faz previsões mais antecipadas, mas a data de conclusão acaba por não variar muito, uma vez que a duração registada na nova é superior, havendo uma **boa correlação** entre ambas;
- As previsões determinam um **início**, em média, 21 dias mais cedo do que a realidade e uma **duração** cerca de 7 dias inferior;
- Existem **atrasos** no início da produção dos transformadores, reflectidos em todo o processo;
- O **registo de tempos** no Baan prolonga, possivelmente, a duração da tarefa por mais dias ou a duração prevista está afectada por **défices na carga** (trabalho previsto inferior ou utilização de recursos superior).

Formação de Fases

- As previsões da duração não estão relacionadas com as da actual ferramenta; no entanto, apresentam uma **boa correlação** com as durações reais e **pouca variabilidade** nos respectivos erros, o que significa que o cálculo da ferramenta está bem concebido e sustentado numa boa relação entre o trabalho e a alocação.

Montagem Final

- A duração prevista pela nova ferramenta está fracamente relacionada com o mesmo valor da actual ferramenta e também com a realidade, sendo superior em ambos os casos, o que implica uma **relação trabalho / alocação superior** à realidade (trabalho previsto pelo bloco de tempos superior).
- A variação da data de início prevista relativamente à efectiva apresenta o valor mais reduzido do processo, isto é, é a tarefa cujo início se **atrasa menos**.

6.3.2 Análise de Carga vs Capacidade

Pode ainda tirar-se algumas ilações acerca da carga aplicada à fábrica relativamente à sua capacidade, nos 150 dias da análise. O gráfico da Figura 41 apresenta, para cada secção da fábrica, os valores diários da capacidade e da carga média, baseados nos dados do Baan.

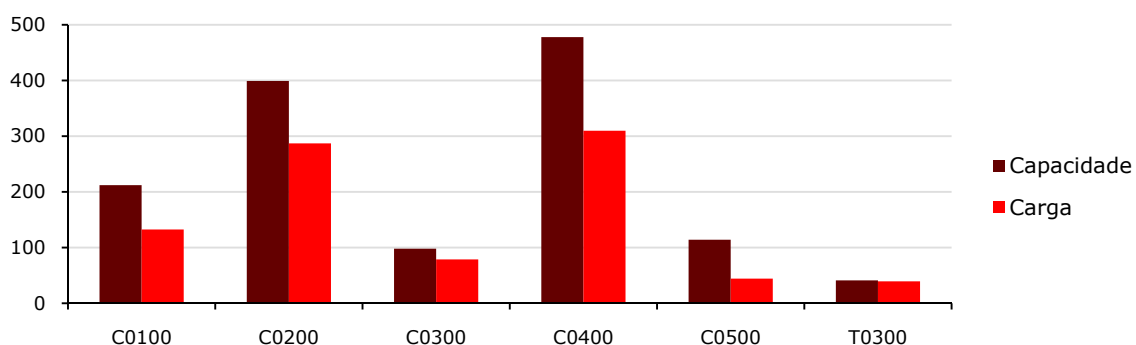



Figura 41 – Capacidade Diária vs Carga Média Diária Aplicada

Facilmente se verifica que a capacidade não foi totalmente aproveitada, sendo que, em média, a carga dos projectos nos centros de trabalho utilizava cerca de 70% das suas capacidades.

Finalmente, pode ainda verificar-se que, no caso de se considerar a produção de três transformadores em simultâneo em cada centro de trabalho, as horas disponíveis diariamente para cada transformador e respectiva mão-de-obra utilizada, em cada turno, encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22 – Carga e Alocação das Secções por Projecto

	Disponibilidade	Alocação
C0100	71	4,4
C0200	133	8,3
C0300	33	2,0
C0400	159	10,0
C0500	38	1,6
T0300	14	1,7

6.3.3 *Afinação da Carga*

De todas as anteriores inferências, conclui-se que é possível melhorar o planeamento da produção, sendo evidente que a carga relativa a recursos humanos é, neste caso, susceptível de um maior número de ajustes do que a dos equipamentos.

De acordo com o estudo resultante da alocação de mão-de-obra da Tabela 20, com a análise de carga sintetizada na Tabela 22 e com as alterações da capacidade da fábrica realizadas durante o período de teste, reformulou-se a alocação de recursos às tarefas. Essa informação encontra-se na Tabela 23.

Tabela 23 – Nova Parametrização da Carga

Tarefas	Trabalho médio	Duração	Alocação média	Turnos	Capacidade diária	Carga / Capacidade	Projectos em simultâneo
Actividades paralelas							
Travessas / Corte chapa							
Cubas / EE							
Carpintaria	300	3	2	1	40	40%	3
para CM	10	2	1				
para formação de fases	40	3	2				
para ligações	40	3	2				
Montagem CM	210	6	3	2	110	44%	2
Isolantes	170	3	5	2	220	36%	3
para bobinagem	70	3	2				
para CM	10	1	1				
para formação de fases	80	3	2				
para ligações	10	1	1				
Bobinagem	**600**	**7**	**5**	**3**	**380**	**33%**	**3**
AT	250	5	3				
BT	90	5	1				
Regulação	100	6	1				
MT	100	6	1				
Estabilização	30	2	1				
Pré-selecção	30	2	1				
Calibragem	**190**	**6**					
Preparação	50	1	3	2	50	96%	1
HOS	50	2	1	3	48	50%	2
Calibragem	90	3	3	2	50	96%	1
Formação de fases	**200**	**6**	**2**	**3**	**60**	**80%**	**1**
Ligações internas	**520**	**7**	**4**	**3**	**310**	**31%**	**3**
Secagem VP	**50**	**2**	**1**	**3**	**24**	**100%**	**1**
Montagem final	**70**	**1**	**3**	**3**	**80**	**90%**	**1**

Além disso, o trabalho médio de cada tarefa foi reformulado tendo em conta uma média ponderada relativa aos diferentes blocos de tempos utilizados na amostra, que contabiliza ainda as variações médias dos blocos de tempos relativamente aos tempos efectivos. As tarefas de fabrico de isolantes, bobinagem, formação de fases e execução das ligações internas foram aumentadas em 30%, a montagem do circuito magnético e a montagem final mantiveram-se constantes e a preparação e a calibragem foram reduzidas em 10%.

O cálculo da duração das tarefas teve em conta a fórmula básica da gestão de projectos, Trabalho = Unidades de Recursos × Duração, e ainda a sobreposição de tarefas. As três últimas tarefas da bobinagem devem começar quando as três primeiras, respectivamente, estiverem a 80%; a preparação da calibragem deve iniciar-se quando a bobinagem estiver a cerca de 70% (que representa aproximadamente a conclusão das três primeiras bobinagens); finalmente, a formação de fases inicia-se quando a calibragem estiver a 80%.

A Figura 42 sintetiza as novas durações das tarefas consideradas críticas, concluindo-se que, com os ajustes efectuados, o processo produtivo desde a bobinagem até à montagem final demorará, em média, 26 dias.

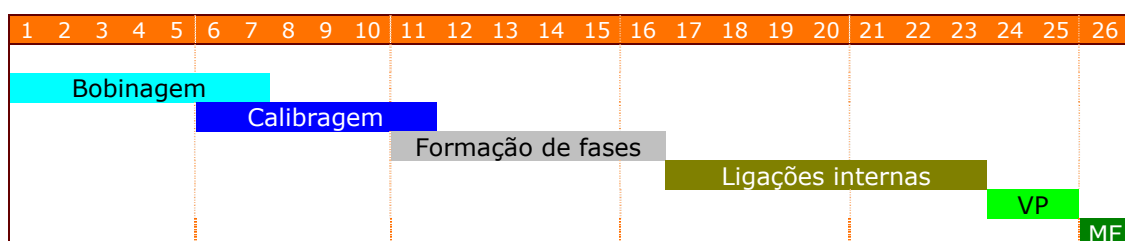



Figura 42 – Novo Diagrama de Gantt do Caminho Crítico

De facto, com as reformulações propostas, não só as durações de cada tarefa se assemelham às reais e às pretendidas, como também a ocupação de cada centro de trabalho por projectos está de acordo com os respectivos espaços físicos e com os objectivos estratégicos.

Propõe-se, então, que as alterações de sequenciamento e precedências, alocação de recursos, trabalho previsto por tarefa e capacidade da fábrica sejam aplicadas na nova ferramenta, possibilitando um desempenho ainda mais adequado. Desta forma, acredita-se que o apoio ao planeamento da produção de transformadores Core será, de facto, melhorado substancialmente pela nova ferramenta.

6.4 Síntese do Capítulo

O estudo do protótipo desenvolvido revela que a nova ferramenta, para além das vantagens de utilização, apresenta uma capacidade de previsão superior, maior rigor e detalhe da informação e reflecte melhor a realidade.

Depois de efectuados os ajustes necessários, as previsões para a produção dos transformadores não se desviam da realidade, em média, mais de um dia.

7 Conclusões e Perspectivas de Trabalho

Depois de todo o estudo desenvolvido e de avaliado o desempenho do protótipo através de um conjunto de testes, pode concluir-se que a nova ferramenta traz melhorias a diversos níveis no planeamento da produção dos transformadores Core.

Capacidade de Previsão

Relativamente à actual ferramenta utilizada, a ferramenta proposta reduz os desvios entre as durações estimadas e as efectivas de cerca de 3 para 2 dias. A variabilidade dos erros de previsão das datas de início e das durações é também reduzida, em média 18%. Além disso, a nova ferramenta apresenta um coeficiente de correlação entre as suas previsões e a realidade, para as datas de início de 0,88 e para as durações de 0,83.

Os desvios mais significativos ocorrem relativamente à previsão de datas de início que, no entanto, apresentam pouca variabilidade. Assim, pode concluir-se que o problema consiste essencialmente em imponderáveis na produção. A competitividade dos mercados e a escassez de recursos tem, de facto, implicações directas no fornecimento da cadeia de valor da fábrica. Além disso, a produtividade da fábrica é também determinada pela dependência da mão-de-obra, que é frequentemente afectada por algum nível de absentismo. Acredita-se que uma melhor relação com fornecedores e a fomentação de níveis de motivação elevados possam também contribuir para a redução de tempos de resposta e para o aumento da eficácia.

As variações podem também estar determinadas, em parte, pelo próprio planeamento feito *a priori* da programação, isto é, pela determinação dos tempos previstos de cada tarefa, para cada transformador. De facto, a análise de carga vs capacidade feita mostra que devem ser feitos alguns ajustes, de forma a sincronizar melhor a programação e a respectiva produção, permitindo o cumprimento dos prazos de entrega médios pretendidos e da ocupação pretendida para cada centro de trabalho. Desta forma, a ferramenta pode reflectir melhor a realidade e melhorar ainda mais a sua performance.

Adequabilidade de Utilização

Depois das referidas afinações e ainda antes da implementação definitiva da ferramenta, é necessária a formação dos seus utilizadores, de forma a possibilitar o melhor aproveitamento da utilização das suas funcionalidades. De facto, a flexibilidade e a adequabilidade de utilização superiores devem ser garantidas através do pleno conhecimento do seu funcionamento.

O esforço despendido na programação é reduzido, uma vez que a nova ferramenta é mais autónoma, exigindo menos recursos humanos para esta função. A monitorização é facilitada, visto que os dados são automaticamente imputados na ferramenta e as análises de carga vs capacidade são apresentadas sem intervenção humana. O controlo é também simplificado, deixando de ser necessário o trabalho moroso, minucioso e pouco rigoroso que a ferramenta actualmente em utilização exige. De facto, apesar dos desvios que inevitavelmente ocorrem, a nova ferramenta tem a vantagem de reprogramar automaticamente a produção, apresentando constantemente um plano actualizado.

Cabe à produção orientar-se por esse mapa, cumpri-lo e, simultaneamente, tentar reduzir alguns dos factores imponderáveis, tais como atrasos dos fornecedores, absentismo ou reprocessamento resultante de não conformidades.

Integração na Empresa

Em termos futuros, pretende-se que a nova aplicação seja integrada na rede da empresa, com possibilidade de utilização diferenciada pelos diferentes tipos de interessados, a partir do Microsoft Office Project Server.

Além disso, de forma a diminuir os recursos utilizados no registo do progresso e, simultaneamente, aumentar a fiabilidade desses dados e a performance do controlo, a ferramenta deve estar ligada ao ERP da empresa. As diversas aplicações devem estar todas integradas, no sentido de garantir fluxos de informação eficientes que possibilitem consistência por toda a empresa.

De facto, todos os dados de datas de início, datas de conclusão, trabalho e unidades de recurso estão guardados no Baan, podendo ser automática e directamente utilizados como *inputs* da nova ferramenta. A nova fase de registo desses tempos pelos próprios operadores, aquando das execuções das ordens de fabrico, trará ainda mais vantagens em termos de fiabilidade dos registos.

Inovação e Motivação

A nova ferramenta apresenta vantagens ao nível da visibilidade e da rapidez da gestão da informação. A plataforma comum permite a difusão de informação consistente por todos os colaboradores em tempo real. O planeamento e o controlo da produção poderão vir a ser controlados em qualquer lugar, assumindo maior mobilidade, através da implementação da nova ferramenta nos dispositivos móveis dos gestores da produção.

Além disso, o envolvimento dos operadores nestas funções pode contribuir decisivamente para o aumento da sua motivação. A informação que eles imputam no sistema através dos quiosques é útil para melhorar o planeamento e, consequentemente, melhorar a performance da fábrica.

As propriedades inovadoras da nova ferramenta são o primeiro passo para um processo de planeamento da produção mais controlado, mais eficiente e mais rigoroso. Os requisitos pretendidos no sentido da melhoria da função de planeamento da produção são cumpridos e acrescidos de uma optimização de recursos, assim como da criação de níveis motivacionais mais elevados.

Referências e Bibliografia

Albright, S. C., Winston, W. L., & Zappe, C. (2004). *Data Analysis for Managers* (2nd ed.). Thomson, Brooks/Cole.

Alves, A. (1999). *Metodologia para a Concepção de Sistemas de Produção Orientados ao Produto.* Universidade do Minho.

Antunes, I. (2001). A Problemática da Avaliação e da Maturidade nos Processos de Desenvolvimento de Aplicações Informáticas. *Informação & Informática , 26*, pp. 45-52.

Apex Web Media. (2005). *VTC - Apex Web Media*. Obtido em Maio de 2008, de Microsoft Project 2003 Tutorial: http://apex.vtc.com/project-2003.php

Baan Business Knowledgeware. (2005). *BaanERP Differences Overview.*

Bly, R. (2004). *Beyond the Plan: Bringing Project Execution to the Enterprise.*

Brand, J. P. (1998). *Direcção e Gestão de Projectos.* Lidel.

Calafate, I. (2007). *Acção de Formação Transformadores ST-CT.* EFACEC EN.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2006). *Operations Management for Competitive Advantage* (11th ed.). New York: McGraw-Hill.

Copani, G., Marvulli, S., & Tosatti, L. M. (2008). An Innovative Pattern to Design New Business Models in the Machine Tool Industry. *Innovation in Manufacturing Networks* , pp. 317-324.

Exact Software North America. (26 de Abril de 2005). e-Synergy: Workflow Management.

Galliers, R. (1987). Information Analysis: Selected Readings. Addison-Wesley.

GmbH, P. P. (Maio de 2008). *Inventory Management*. Obtido em Junho de 2008, de http://www.inventory-management.de

Grupo EFACEC. (2008). (innovagency) Obtido em Maio de 2008, de EFACEC: http://www.efacec.pt

Grupo EFACEC. (2008). Manual do Colaborador.

Grupo EFACEC. (2007). Relatório - Relatório de Gestão Contas Consolidadas e Individuais, Relatório de Sustentabilidade.

Hughes, B., & Cotterell, M. (2006). *Software Project Management.* McGraw-Hill Education.

Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management.* McGraw-Hill.

Intellisys Inc. (2006). *Intellisys Project Enterprise*. (Intellisys Inc.) Obtido em Abril de 2008, de Intellisys: http://www.webintellisys.com/project/enterprise.html

Kerzner, H. (2001). *Strategic Planning for Project Management using a Project Management Maturity Model.* New York: John Wiley & Sons.

Lee, Q., & Snyder, B. (2006). *Value Stream and Process Mapping (The Strategos Guide to).* Enna Products Corporation.

Leonard-Barton, D. (1992). Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Managing New Product Development. *13*.

Lewis, J. P. (1995). Fundamentals of Project Management.

Lima, R. M. (2003). Sistemas Distribuídos de Produção em Ambiente de Produção Simultânea.

Microsoft. (2008). *Microsoft Office Online*. (Microsoft Corporation) Obtido em Abril de 2008, de http://office.microsoft.com

Oliveira, J. (2007). A Gestão do Projecto.

Pedro, M. (Setembro de 2002). A Função Produção de SI/TI - Modelo Informacional. Universidade do Minho.

Project Management Institute, Inc. (2004). A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK guide. (3rd). Pennsylvania.

Rocha, Á. (2000). Influência da maturidade da função sistema de informação na abordagem à engenharia de requisitos.

SmartWorks. (2006). Project Management Tutor.

Varela, M., & Silva, S. (2008). An Ontology for a Model of Manufacturing Scheduling Problems to Be Solved on the Web. *Innovation in Manufacturing Networks - Digital Factory , 266/2008*, pp. 197-204.

ANEXO A Glossário

As seguintes designações têm em vista a clarificação de conceitos utilizados neste documento. Algumas correspondem a definições teóricas de conteúdos abordados, outras a especificações da empresa e as restantes a terminologias adoptadas ou pressupostos assumidos nos diversos temas, de acordo com a seguinte codificação de cores:

- Conceitos relacionados com gestão da produção;
- Conceitos relacionados com gestão de projectos;
- Conceitos relacionados com gestão de informação;
- Especificações da fábrica de transformadores Core e/ou terminologias adoptadas na ferramenta.

1 5S

▪ Metodologia que consiste num conjunto de cinco práticas (triagem, arrumação, limpeza, normalização e disciplina) que estabelecem as condições para melhoria contínua, permitindo a criação de ambientes de trabalho adequados ao controlo visual e à produção *Lean*. A aplicação dos 5S torna evidente quais os materiais que devem ser mantidos, qual a sua localização e qual a sua forma de armazenamento.

2 Acontecimento

▪ O mesmo que evento. É uma situação localizada no tempo, que indica o início ou a conclusão de actividades, ou seja, que estão reunidas as condições associadas a uma ocorrência importante da sequência de actividades. Não consome recursos, nem tem duração.

3 *Advanced Planning and Scheduling* (APS)

▪ Ferramenta usada em tempo real que combina o planeamento de material e de capacidade em simultâneo, utilizando dados de programação finita e disponibilidade de materiais para programar ordens e procuras.

4 Atraso máximo

▪ Tempo máximo (em dias) que uma tarefa pode atrasar por falta de recursos, sem alterar a duração total do projecto.

5 *Batch shop*

▪ Produção normalizada de uma linha de produtos relativamente estável, cada qual produzida em lotes periódicos, seguindo a mesma sequência ao longo da fábrica.

6 Bloco de tempos

▪ Conjunto de tempos previstos para todas as tarefas de projectos tipo, de acordo com a potência e a tensão do transformador.

7 Calendário

▪ Caracterização do tempo de trabalho num dia, de uma equipa, de um projecto ou de uma tarefa, através dos atributos: hora de início, hora de fim e horas diárias. Para além das horas no dia, todos eles têm também em conta quais os dias de trabalho no ano (excluem fins-de--semana e feriados).

▪ Especificados na Tabela 8.

8 Caminho crítico

▪ Conjunto de tarefas que resultam no caminho mais extenso ao longo da rede de um projecto, determinando a data de finalização calculada do projecto. Habitualmente definido como uma série de tarefas com folga zero.

9 Capacidade

▪ ▪ O mesmo que unidades de trabalho ou esforço disponíveis num período de tempo. Tempo de trabalho total (em horas homem), de uma equipa ou de um centro de trabalho, habitualmente medido em termos diários. É dado por: $\sum \textit{número de recursos} \times \textit{tempo de trabalho no período}$, para cada equipa.

10 Capacidade efectiva

▪ Medida da produtividade média real de uma equipa ou da fábrica no período em estudo (em unidades/dia e MVA/dia). É dada por: $\textit{projectos concluídos}/\textit{tempo efectivo}$.

11 Capacidade teórica

▪ Volume de *output* que uma unidade produtiva consegue executar em condições normais durante um período de tempo.

▪ Medida da produtividade teórica de uma equipa ou da fábrica para um projecto ou para uma tarefa. É dada pelo inverso do tempo previsto (em unidades/hora e MVA/hora).

12 Carga média

▪ Representa o trabalho realizado por uma equipa ou pela fábrica num dia. Pode ser em valor absoluto e dada por: $\textit{média dos recursos utilizados} \times \textit{tempo de trabalho diário}$ (em horas/dia); ou percentual, medida relativamente à capacidade, e dada por: $\textit{recursos utilizados}/\textit{recursos disponíveis}$ ou $\textit{carga média absoluta}/\textit{capacidade diária}$ (em percentagem/dia). Indica se houve subalocação (subaproveitamento) ou sobrealocação (horas extraordinárias).

13 Ciclo *plan-do-check-act* (PDCA)

▪ ▪ ▪ Método iterativo de melhoria contínua desenvolvido por Walter A. Shewhart, que consiste na repetição da sequência: planear, fazer, verificar, actuar. Numa organização, qualquer mudança deve ser realizada segundo este ciclo, que inclui não só o planeamento e implementação, mas também uma fase em que se verifica se de facto as alterações conduziram à melhoria pretendida e outra de ajuste ou correcção.

14 Código da equipa

- Conjunto de caracteres atribuído a cada equipa (β0a0b_t)
  - β – unidade a que reporta (T = comum; C = Core);
  - 0a – secção a que pertence (01, 02, 03, 04 ou 05);
  - 0b – centro de trabalho da secção (00, 01 ou 02);
  - t – turno em que trabalha (1, 2 ou 3).

Excepção para os equipamentos de secagem, cujos códigos são dados pelas suas iniciais.

15 Código do projecto

- Conjunto de caracteres atribuído a cada transformador (E801 yyyyyα)
  - E – subprojecto de fabrico;
  - 8 – Unidade PT;
  - 01 – transformador tipo Core;
  - yyyyy – número de ordem sequencial dos diferentes projectos;
  - α – número de ordem sequencial do transformador dentro do projecto.

Ainda pode ter associado o cliente e destino do transformador.

16 Data de conclusão

- Por defeito, data prevista, de acordo com o planeamento, para finalização de uma tarefa ou projecto e respectiva entrega à fase posterior. É dada por: $data\ de\ início + duração$, de acordo com calendários, datas de predecessoras, dependências e restrições da tarefa.

17 Data de conclusão efectiva

- Data real de finalização de uma tarefa ou projecto e devida entrega à fase posterior. É dada por: $data\ de\ início + duração$ (reais).

18 Data de início

- Por defeito, data prevista, de acordo com o planeamento, para recepção dos *inputs* devidos e respectiva iniciação de uma tarefa ou projecto.

19 Data de início efectiva

- Data real de recepção dos *inputs* devidos e respectiva iniciação de uma tarefa ou projecto.

20 Desvio do prazo

- Variação da data de entrega real relativamente à data de conclusão prevista (em dias). É dado por: $data\ de\ conclusão\ real - data\ de\ conclusão$. No caso de apresentar valor positivo significa que houve um atraso e incumprimento de prazos; caso contrário, o prazo foi cumprido.

21 **Diagrama de rede**

▪ Representação gráfica do plano de um projecto que demonstra o relacionamento sequencial de tarefas e acontecimentos. Permitem uma visualização mais clara do impacto de um atraso num projecto, relativamente aos diagramas de Gantt.

22 **Duração**

▪ Período de tempo útil (em dias) entre o início de uma tarefa ou projecto e a sua conclusão, baseado no trabalho e nos recursos alocados e restringido pelos calendários do projecto, da tarefa e dos recursos; ou seja, número de períodos de trabalho (em dias) do calendário do projecto necessários para finalizar uma tarefa ou conjunto de tarefas.

23 **Eficácia**

▪ Medida do alcance dos objectivos, isto é, da capacidade de se produzir o que se pretendia. Pode ser dada pela relação entre o *output* efectivo e o *output standard* ou previsto.

24 **Eficiência**

▪ Medida da capacidade de utilização dos recursos para gerar bons *outputs*.

▪ Inverso de capacidade efectiva. Representa o tempo efectivo médio dos diferentes projectos em curso no período em estudo, da equipa ou fábrica. Pode ser medida em horas/unidade ou horas/MVA.

25 ***Enterprise Resource Planning* (ERP)**

▪ Sistema de informação de grande dimensão baseado em aplicações informáticas sofisticadas que permitem identificar e planear as necessidades de recursos ao nível de toda uma organização para coordenar todas as actividades relacionadas com a produção e entrega de valor ao cliente.

26 **Equipa**

▪ Conjunto de recursos materiais e humanos responsável pela execução de um grupo específico de tarefas, num determinado período do dia. São subdivisões das secções de acordo com os centros de trabalho e respectivos calendários. Especificadas pelo seu código, descrição, quantidade de recursos disponíveis, calendário atribuído, horas diárias de trabalho, capacidade diária e centro de trabalho a que pertence. Definidas em maior detalhe na Tabela 9.

27 **Fluxo contínuo**

▪ Produção de artigos indiferenciados, seguindo um sequência contínua de passos pré-determinada.

28 **Folga**

▪ Tempo que uma tarefa pode atrasar sem causar o atraso do projecto.

29 Folga livre

▪ Tempo que uma tarefa pode atrasar sem causar o atraso do início de nenhuma actividade imediatamente sucessora.

30 *Gemba*

▪ Local de trabalho ou planta fabril.

31 Gestão visual

▪ Conjunto de práticas que facilitam a gestão de operações e apoiam a realização das tarefas, a partir de sistemas simples e intuitivos, como marcas no pavimento ou sinais luminosos. Tem por objectivo a melhoria da comunicação e do trabalho em equipa, através do aumento da autonomia, flexibilidade e mobilidade e da redução dos tempos improdutivos de passagem de informação.

A comunicação visual deve reflectir o estado actual da fábrica, transmitindo informação em tempo real, através de quadros de *status* e sinais visuais. As mensagens devem ser convincentes, objectivas e reais. A cultura de partilha de informação deve ser incentivada, assim como a sensação de pertença, coesão e abertura ao exterior. Os sistemas de gestão visual devem incluir documentações de processos e procedimentos normalizados e podem ainda tratar da avaliação de desempenho, de automatismos nos equipamentos e da gestão da segurança.

32 Gestor dos projectos

▪ Pessoa responsável por alocar os recursos aos projectos e respectivas actividades ao longo do tempo, assim como gerir, administrar, monitorizar e controlar os processos daí resultantes.

33 *Heijunka*

▪ Nivelamento da produção por volume e por tipo de produto, através da distribuição do total de ordens num padrão de sequenciamento repetido por períodos mais pequenos, para que se produza aproximadamente a mesma quantidade e o mesmo *mix* todos os dias. A sequência deve reflectir a procura real do mercado e optimizar a cadeia de fornecimento.

34 Horas diárias

▪ Tempo útil de trabalho (em horas) num dia, de uma equipa, definido pelo respectivo calendário.

35 *Job shop*

▪ Produção de pequenos lotes de uma grande variedade de produtos, cada qual requerendo uma sequência de processamento particular.

36 *Kanban*

▪ Ferramenta de controlo de fluxo de materiais que tem por objectivo minimizar o inventário, os custos de material em processamento e a produção em excesso. Sinal visual baseado na programação por *pull.*

37 ***Layout* celular**

O fabrico de cada produto ou família de produtos é feito numa área específica com o conjunto dos diferentes equipamentos requeridos, denominada célula, de forma eficaz e eficiente; adequado a sistemas produtivos com uma variedade moderada de produtos em volumes moderados; caracterizado pela sua organização compacta, simplicidade de fluxos, rapidez e inventário reduzido.

38 ***Layout* de posição fixa**

O local para produção é fixo, ou seja, o artigo a produzir fica estático e são os materiais, pessoas e equipamentos que se deslocam de acordo com as necessidades; adequado a grandes projectos ou produtos de grande dimensão.

39 ***Layout* híbrido**

Disposição segundo a qual algumas áreas apresentam *layout* orientado ao produto e outras ao processo; facilmente adaptável a mudanças.

40 ***Layout* por processo**

Os recursos e equipamentos estão agrupados de acordo com a função desempenhada; adequado à produção de variedades grandes de produtos em pequenos volumes, devido à sua flexibilidade, como por exemplo a produção *job shop*.

41 ***Layout* por produto**

Os postos de trabalho estão dispostos em linha, de acordo com a sequência das operações de transformação do produto, implicando a separação do trabalho em tarefas normalizadas e a especialização do trabalho e do equipamento; vocacionado para a produção de um artigo ou artigos semelhantes, com grande volume de produção, tendo por objectivo permitir um fluxo produtivo contínuo e rápido de sentido único.

42 **Linha de montagem**

- Produção de componentes que se deslocam de posto de trabalho em posto de trabalho a uma taxa controlada, seguindo a sequência necessária para construir o produto.

Pode também ser designada por linha de produção, representando o espaço físico da fábrica onde actua uma equipa, caracterizado por um processo produtivo específico, no qual os equipamentos estão dispostos de acordo com a sequência de processamento.

43 ***Make-to-order* (MTO)**

- Processo produtivo activado por uma ordem do cliente; sem stock de produto acabado.

44 ***Make-to-stock* (MTS)**

- Actividades de produção de produtos *standard* destinados a armazenamento, sendo depois rapidamente entregues ao cliente.

45 ***Materials Requirements Planning* (MRP)**

▪ Sistema de informação baseado em aplicações informáticas utilizadas para planeamento de produção e controlo de inventário, que gera cronologicamente as necessidades de artigos e as ordens de produção e de compras; considera a capacidade como infinita.

46 ***Milestone***

▪ Evento importante de um projecto, que pode ser uma entrega ou uma revisão. Tem duração de zero dias.

47 ***Mizusumashi***

▪ Trem logístico de abastecimento, responsável por transmitir a informação e reabastecer uma linha de produção, em circuitos e ciclos temporais pré-definidos. Assegura os transportes entre supermercados e bordos de linha.

48 **MVA**

▪ Característica do transformador que representa a potência do mesmo (em mega volt-ampere).

49 **Nivelamento de recursos**

▪ ▪ Programação e ajuste das tarefas que garante que os níveis predeterminados de recursos não são excedidos.

50 **Normalização**

▪ Princípio que deve ser aplicado às ferramentas de melhoria dos sistemas de produção, como forma de garantir os seus benefícios a longo prazo e não apenas aquando da sua implementação, diminuindo a variabilidade. Aplicável, por exemplo, na eliminação dos desperdícios de movimento, defeituosos e espera, a partir do ciclo PDCA.

51 ***Overall Equipment Efficiency* (OEE)**

▪ Indicador que aborda de forma abrangente a produção *Lean* e a gestão de operações. Representa a eficiência e eficácia globais de uma unidade produtiva (neste caso, equipa e fábrica). É dado pelo produto de três factores: $utilização \times performance \times qualidade$.

52 **Percentagem de conclusão**

▪ Representa uma estimativa do trabalho já completado, ou seja, o progresso do projecto ou da tarefa em causa, à data actual. É dada por: $tempo\ efectivo\ até\ data\ actual / tempo\ previsto$ (em percentagem).

53 **Performance**

▪ Um dos três factores do indicador OEE. Tem em conta as perdas de velocidade e é dado por: $tempo\ previsto / tempo\ efectivo$.

54 **Plano de base**

▪ O mesmo que *baseline*. Depois de feito o plano inicial do projecto, o gestor dos projectos deve validá-lo e gravá-lo, para durante a execução ser usado como referência.

55 **Portefólio de projectos**

▪ O mesmo que ficheiro principal, modelo global ou projecto mestre. Contém todos os projectos da fábrica.

56 **Produtividade**

▪ Medida da capacidade de utilização de recursos na geração de *outputs*. Dada por: $output/input$.

57 **Programação**

▪ ▪ ▪ O mesmo que escala, escalonamento, calendarização, sequenciamento ou, mais frequentemente, *scheduling* (em inglês). Alocação dos recursos às tarefas ao longo do tempo.

58 **Programação *backward***

▪ ▪ Método que calcula datas de ordens de produção e de compra a partir de um determinado prazo de entrega, recuando até à data de início, com base nos tempos de resposta.

59 **Programação *forward***

▪ ▪ Método que calcula datas de ordens de produção e de compra a partir de um determinado prazo de entrega, recuando até à data de início, com base nos tempos de resposta.

60 **Projecto**

▪ Conjunto de tarefas a realizar de forma a cumprir determinados objectivos num tempo definido com recursos disponíveis.

▪ Neste caso, transformador do tipo Core a ser produzido na fábrica.

61 **Projectos concluídos**

▪ Valor relativo a uma equipa ou à fábrica que representa os transformadores (em unidades e em MVA) concluídos pelos mesmos desde o início da análise até ao início período em estudo. Também pode ser medido por MVA acumulados realizados. Torna-se relevante o exame gráfico comparativo entre os MVA acumulados objectivo e realizado, de forma a verificar se o sistema em causa está ou não tendencialmente atrasado e se o planeamento é optimista ou pessimista.

62 **Qualidade**

▪ Um dos três factores do indicador OEE. Tem em conta as perdas de qualidade e representa a conformidade entre os requisitos e os resultados de um produto. É dado por: $produção\ que\ satisfaz\ os\ critérios/produção\ total$.

63 Recursos disponíveis

▪ O mesmo que unidades máximas de um recurso. Representam a disponibilidade de um recurso para o projecto em causa e são dados pelo número de unidades semelhantes do mesmo recurso disponíveis (n ou $n \times 100\%$).

64 Responsável da secção

▪ O mesmo que supervisor ou chefe de equipa. Pessoa responsável por supervisionar em *gemba* uma linha de produção e garantir os resultados respectivos. Gere os *inputs* – 3M (mão-de-obra, material e máquina) – para gerar *outputs* – QCD (qualidade, custo e entrega).

65 Secção

▪ Cada um dos departamentos da fábrica de transformadores Core:

- C0100 – Isolantes (bege);
- C0200 – Bobinagem (azul);
- C0300 – Montagem do Circuito Magnético (cinza);
- C0400 – Montagem (verde);
- C0500 – Equipamento Exterior e Electrificação (amarelo);
- T0300 – Carpintaria (castanho).

Entre parêntesis encontra-se a codificação de cores atribuída neste projecto.

66 Sistema *pull*

▪ Método no qual a produção de um artigo é activada pela procura do cliente. Habitualmente associado a pequeno número de clientes, produtos customizados, séries curtas e flexibilidade.

67 Sistema *push*

▪ Método no qual a produção de um artigo inicia-se antes da necessidade do cliente. Habitualmente associado a grande número de clientes, produtos genéricos, séries longas e estabilidade.

68 *Status*

▪ Estado actual de uma tarefa relativamente ao planeado.

▪ É dado por um código de cores:

- Concluída (código = 0) – visto;
- Em curso, a tempo (código = 1) – círculo verde;
- Em curso, atrasada (código = 2) – círculo vermelho;
- Por iniciar (código = 3) – círculo verde.

69 **Supermercado**

▪ Pequeno armazém responsável pelo abastecimento de um sistema *pull*, que pode conter matérias-primas, produtos intermédios ou produtos acabados. Representa uma interface entre os processos (a nível interno e externo).

70 **Tarefa**

▪ ▪ O mesmo que actividade. Cada uma das diferentes fases em que se subdivide um processo de produção ou um projecto. Geralmente associada a uma duração, recursos alocados e custo. Caracteriza o objectivo do sistema de trabalho, isto é, funções solicitadas com o intuito de alcançar a meta desejada.

▪ Descritas em maior detalhe no capítulo 3.1.3.3.

71 **Tempo acumulado**

▪ Tempo de trabalho (em horas homem) decorrido desde o início da análise até ao período em estudo. Pode ser aplicado quer ao tempo previsto quer ao efectivo.

72 **Tempo até à data prevista de entrega**

▪ Representa o tempo que falta (em dias) para a conclusão prevista do projecto ou da tarefa em causa. É dado por: $data\ de\ entrega - data\ actual$.

73 **Tempo de passagem**

▪ O mesmo que *throughput time* ou tempo previsto aplicado a um projecto completo. Tempo médio que uma unidade demora a percorrer todo o sistema, incluindo os processamentos, os transportes e as esperas.

Relaciona-se com a frequência a que o processo entrega *outputs* e portanto com o volume de produção. Pode ser reduzido, por exemplo, pela alteração da sequência, pela aplicação de actividades em paralelo ou pela diminuição das interrupções.

74 **Tempo de resposta**

▪ O mesmo que *lead time*. Representa o tempo desde a ordem do cliente até à sua recepção $tempo\ de\ processamento\ da\ ordem + tempo\ de\ passagem + tempo\ de\ entrega$.

75 **Tempo disponível**

▪ ▪ O mesmo que tempo de abertura ou tempo útil. Tem em conta o calendário atribuído ao centro de trabalho e ao projecto em causa e é dado por: $tempo\ total - paragens\ programadas$, ou por: $capacidade\ diária \times número\ de\ dias\ do\ período\ em\ estudo$.

76 **Tempo efectivo**

▪ ▪ O mesmo que tempo de operação, tempo realizado ou tempo de funcionamento. Representa o tempo real de execução da(s) tarefa(s) (em horas homem) e pode ser dado por: $tempo\ previsto + tempo\ de\ perdas\ de\ velocidade$.

77 Tempo previsto

▪ ▪ O mesmo que tempo de ciclo, *standard time*, tempo teórico ou carga atribuída. Representa o tempo de referência para a execução de uma determinada tarefa, sob determinadas condições, assumindo um operador normal e um ritmo normal, isto é, o tempo médio decorrido entre o início e a conclusão de uma tarefa.

78 Tipo de tarefa

▪ Pode ser duração fixa, trabalho fixo ou unidades fixas.

▪ No contexto deste projecto, considera-se que as tarefas são de trabalho fixo, isto é, mantêm constante o bloco de tempos que lhes foi atribuído, podendo variar a sua duração ou a quantidade de recursos que lhes são alocados.

79 Trabalho

▪ O mesmo que tempo previsto. Representa a quantidade de esforço (em horas homem) que se estima necessária para a realização de uma tarefa, um projecto ou um conjunto de projectos, independentemente do número de recursos alocados.

▪ É atribuído segundo o bloco de tempos teórico relativo ao transformador em causa.

80 Trabalho em falta

▪ Tempo de trabalho (em horas homem) necessário previsto para completar o projecto ou a tarefa em causa. É dado por: $tempo\ previsto - tempo\ efectivo\ até$ à $data\ actual$.

81 Unidades de recursos

▪ Quantidade de um mesmo recurso, de acordo com o seu calendário, alocado a uma tarefa.

82 Utilização

▪ ▪ Um dos três factores do indicador OEE. Medida do aproveitamento dos recursos que tem em conta as perdas de disponibilidade por paragens. Dada por: $tempo\ efectivo / tempo\ disponível$.

83 Volume de produção

▪ Um dos grandes objectivos operacionais, que representa a taxa de geração de *outputs*.

84 *Work-in-process* (WIP)

▪ Material de inventário que está actualmente a ser utilizado no *gemba*; inclui ordens em espera, ordens paradas e artigos em processamento.

ANEXO B Organigrama do Grupo EFACEC

ANEXO C Interfaces da Ferramenta

Apresentam-se de seguida as principais interfaces da ferramenta, associadas à personalização desenvolvida e descrita no capítulo 5.

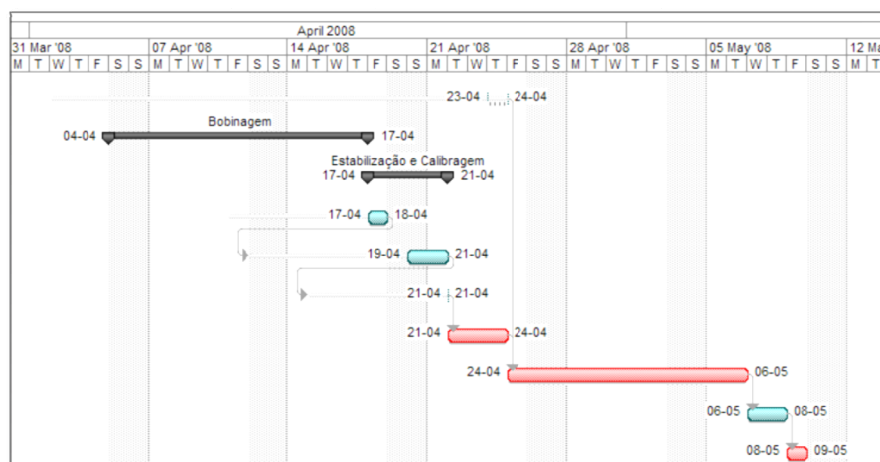



Figura 43 – Vista Gantt Template

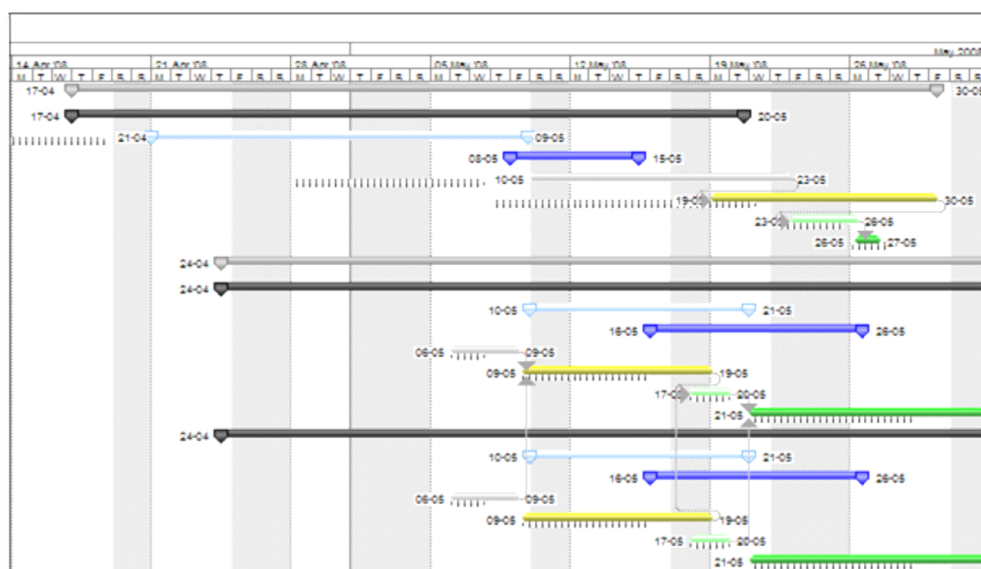



Figura 44 – Vista Gantt Progresso

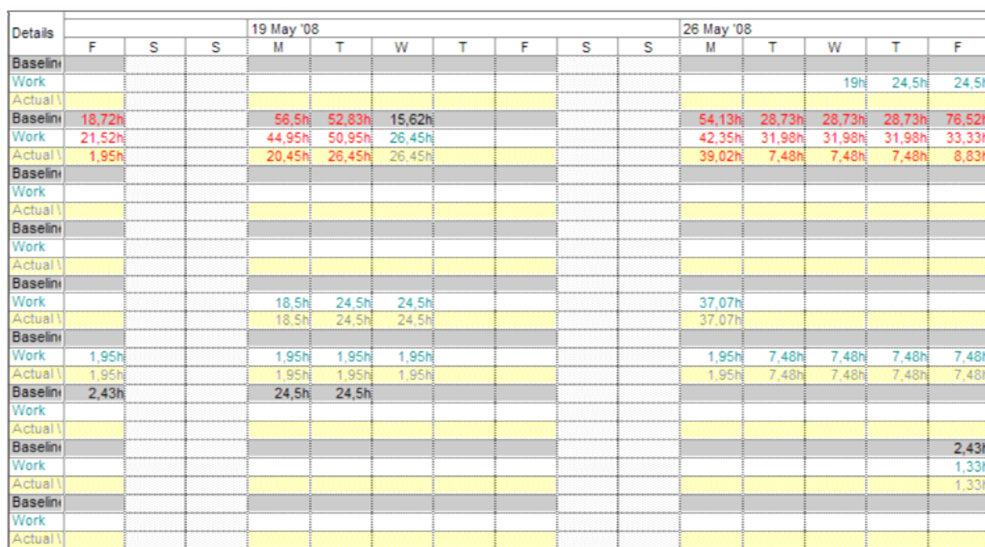



Figura 45 – Vista Utilização Recursos

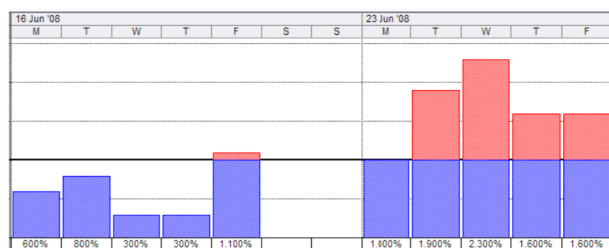



Figura 46 – Histograma de Utilização dos Recursos

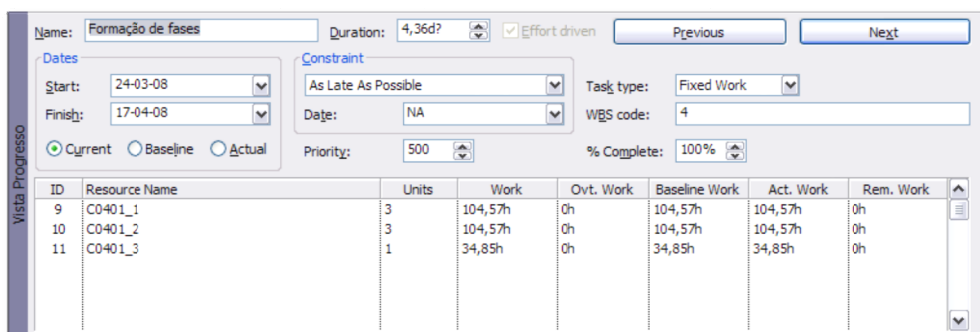



Figura 47 – Vista Progresso

ID	Tarefa	Trabalho	Data de início	Data de conclusão	Recursos
1	Actividades paralelas	390 h	09-04-08	24-04-08	
2	Travessas / Corte chapa	0 h	17-04-08	17-04-08	
3	Cubas / Equipamento exterior	0 h	24-04-08	24-04-08	
4	Carpintaria	70 h	16-04-08	23-04-08	
8	Montagem CM	200 h	17-04-08	21-04-08	C0300_1[3];C0300_2[3]
9	Isolantes	120 h	09-04-08	23-04-08	
14	Bobinagem	410 h	11-04-08	17-04-08	
21	Estabilização e Calibragem	180 h	17-04-08	21-04-08	
25	Formação de fases	130 h	21-04-08	24-04-08	C0401_1[3];C0401_2[3];C0401_3
26	Ligações internas	370 h	24-04-08	06-05-08	C0402_1[3];C0402_2[3];C0402_3[3]
27	Secagem VP	50 h	06-05-08	08-05-08	VP
28	Montagem final	70 h	08-05-08	09-05-08	C0402_1[4];C0402_2[4];C0402_3[2]

Figura 48 – Tabela Template

ID		Equipa	Recursos disponíveis	Calendário	Duração Turno	Capacidade diária	Centro de Trabalho
1		C0100_1	12	07:00_8,17	8,17	98	isolantes
2		C0100_2	8	15:00_8,17	8,17	65	isolantes
3		C0201_1	22	07:00_8,17	8,17	180	bobinagem
4		C0201_2	20	15:00_8,17	8,17	163	bobinagem
5		C0202_1	3	07:00_8,17	8,17	24	calibragem
6		C0202_2	3	15:00_8,17	8,17	24	calibragem
7		C0300_1	7	06:00_8,17	8,17	57	cm
8		C0300_2	6	15:00_8,17	8,17	49	cm
9		C0401_1	3	06:00_8,17	8,17	24	ff
10		C0401_2	3	15:00_8,17	8,17	24	ff
11		C0401_3	1	00:30_7,5	7,5	8	ff
12		C0402_1	18	06:00_8,17	8,17	147	li e mf
13		C0402_2	19	15:00_8,17	8,17	155	li e mf
14		C0402_3	3	00:30_7,5	7,5	22	li e mf
15		C0500_1	2	07:00_8,17	8,17	16	eee
16		C0500_2	3	15:00_8,17	8,17	24	eee
17		T0300	9	07:00_8,17	8,17	74	carpintaria
18		HOS	2	00:00_24	23,98	48	hos
19		VP	1	00:00_24	23,98	24	vp

Figura 49 – Lista Recursos

ID	Projecto	Tarefa		% Conclusão	Trabalho previsto	Trabalho Real	Trabalho em falta	Data de início	Data de conclusão
1	Portefolio	E8010296A IBERDROLA		100%	2.108,98 h	2.108,98 h	0 h	06-03-08	12-05-08
1	E8010296A IBERDROLA	Actividades paralelas	✓	100%	490 h	490 h	0 h	06-03-08	12-05-08
14	E8010296A IBERDROLA	Bobinagem	✓	100%	495 h	495 h	0 h	10-03-08	25-03-08
15	E8010296A IBERDROLA	Estabilização e Calibragem	✓	100%	174 h	174 h	0 h	24-03-08	01-04-08
19	E8010296A IBERDROLA	Formação de fases	✓	100%	243,98 h	243,98 h	0 h	24-03-08	17-04-08
20	E8010296A IBERDROLA	Ligações internas	✓	100%	568 h	568 h	0 h	24-03-08	07-04-08
21	E8010296A IBERDROLA	Secagem VP	✓	100%	50 h	50 h	0 h	07-04-08	09-04-08
22	E8010296A IBERDROLA	Montagem final	✓	100%	88 h	88 h	0 h	09-04-08	24-04-08
2	Portefolio	E8010298B CONTIN MABOR		100%	1.143,05 h	1.143,05 h	0 h	31-03-08	16-05-08
1	E8010298B CONTIN MABOR	Actividades paralelas	✓	100%	248 h	248 h	0 h	11-04-08	26-04-08
14	E8010298B CONTIN MABOR	Bobinagem	✓	100%	282 h	282 h	0 h	31-03-08	04-04-08
15	E8010298B CONTIN MABOR	Estabilização e Calibragem	✓	100%	140 h	140 h	0 h	08-04-08	09-04-08
19	E8010298B CONTIN MABOR	Formação de fases	✓	100%	66 h	66 h	0 h	09-04-08	10-04-08
20	E8010298B CONTIN MABOR	Ligações internas	✓	100%	219,98 h	219,98 h	0 h	16-04-08	23-04-08
21	E8010298B CONTIN MABOR	Secagem VP	✓	100%	40 h	40 h	0 h	19-04-08	21-04-08
22	E8010298B CONTIN MABOR	Montagem final	✓	100%	48 h	48 h	0 h	21-04-08	21-04-08
23	E8010298B CONTIN MABOR	Equipamento exterior e Electrificação	✓	100%	100 h	100 h	0 h	22-04-08	30-04-08
24	E8010298B CONTIN MABOR	Ensaios	✓	100%	1,05 h	1,05 h	0 h	16-05-08	16-05-08
3	Portefolio	E8010267A UF Cedeira		100%	2.035,32 h	2.035,32 h	0 h	08-04-08	04-06-08
4	Portefolio	E8010304A EDP CasLebre		95%	1.221,32 h	1.161,32 h	60 h	10-04-08	18-06-08

Figura 50 – Tabela Progresso

ID		Centro de Trabalho	Equipa	Trabalho
3		bobinagem	C0201_1	5.009,38 h
		bobinagem	Bobinagem	242,97 h
		bobinagem	Bobinagem	352,5 h
		bobinagem	Bobinagem	247,5 h
		bobinagem	Bobinagem	247,5 h
		bobinagem	Bobinagem	243 h
		bobinagem	Bobinagem	243 h
		bobinagem	Bobinagem	165 h

Figura 51 – Tabela Utilização Recursos

Figura 52 – Interface da Funcionalidade A1

Figura 53 – Interface das Funcionalidades C2.1 e D2.1

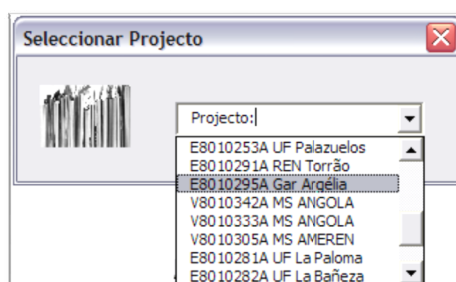



Figura 54 – Segunda Interface da Funcionalidade D2.1

Figura 55 – Interface das Funcionalidades D2.2 e D2.3

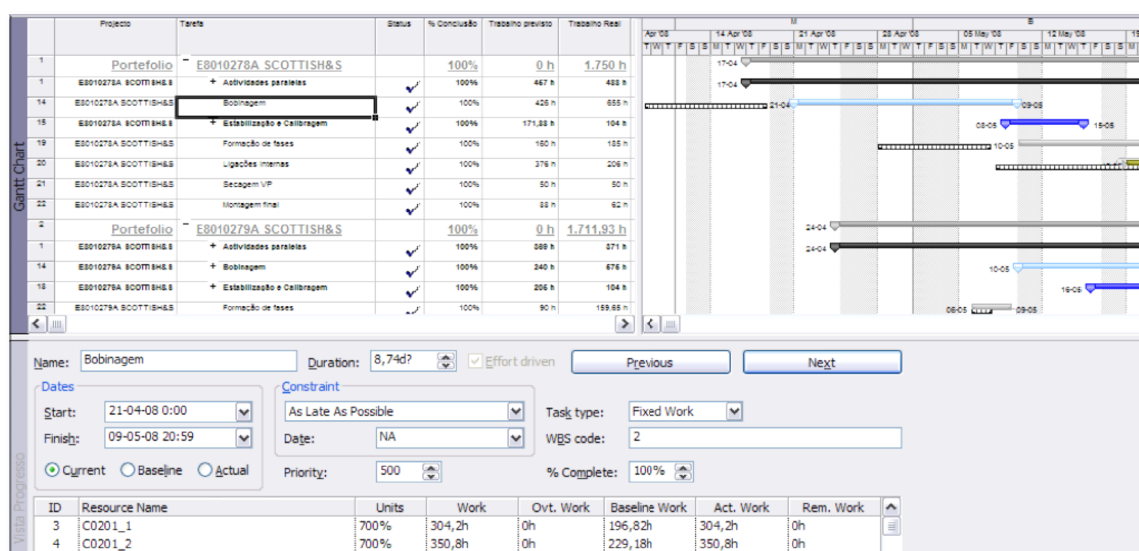



Figura 56 – Ficheiro Portefólio (Progresso)

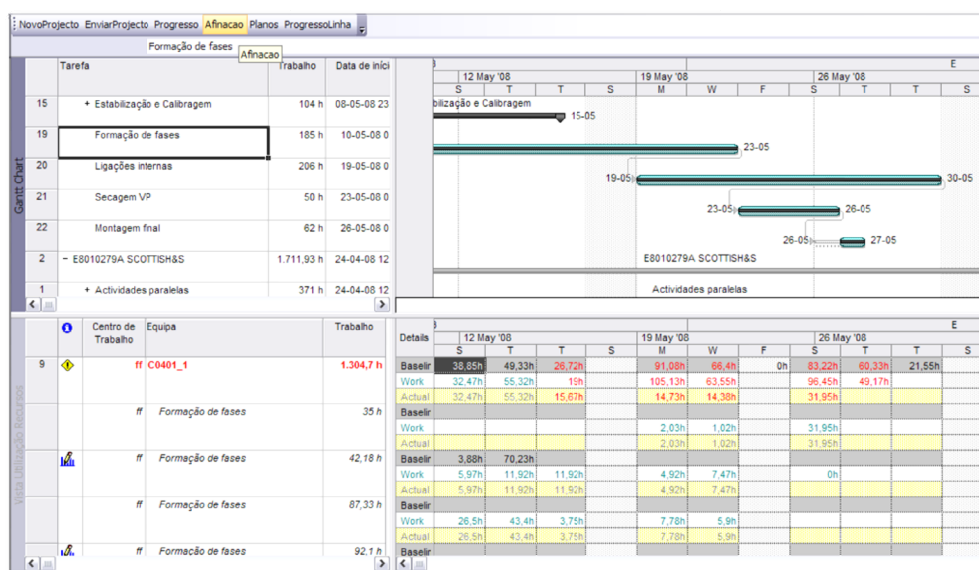



Figura 57 – Ficheiro Portefólio (Afinação)

ANEXO D *Outputs* da Ferramenta

Nesta secção apresentam-se os relatórios de *status* e de performance entregues pela ferramenta proposta para as funcionalidades analíticas.

BOBINAGEM
19-06-2008 a 25-06-2008

Carga diária média:	Tempo acumulado (horas):		Projectos concluídos:	MVA concluídos:
32%	previsto	efectivo	10	479
150 horas	10537	5832		

Projecto	Tarefa	Data de Início	Data de Conclusão	Tempo previsto	%conclusão	Em falta	Faltam	Status
V8010342A MS ANGOLA	Bobinagem AT	17-06-08	18-06-08	90 horas	0	90 horas	-1 dias	●
V8010342A MS ANGOLA	Bobinagem BT	18-06-08	18-06-08	45 horas	0	45 horas	-1 dias	●
V8010342A MS ANGOLA	Bobinagem Regulação	18-06-08	19-06-08	45 horas	0	45 horas	-1 dias	●
V8010342A MS ANGOLA	Bobinagem Estabilização	19-06-08	19-06-08	24 horas	0	24 horas	0 dias	●
V8010333A MS ANGOLA	Bobinagem AT	17-06-08	18-06-08	90 horas	0	90 horas	-1 dias	●
V8010333A MS ANGOLA	Bobinagem BT	18-06-08	18-06-08	45 horas	0	45 horas	-1 dias	●
V8010333A MS ANGOLA	Bobinagem Regulação	18-06-08	19-06-08	45 horas	0	45 horas	-1 dias	●
V8010333A MS ANGOLA	Bobinagem Estabilização	19-06-08	19-06-08	24 horas	0	24 horas	0 dias	●
V8010305A MS AMEREN	Bobinagem AT	19-06-08	19-06-08	90 horas	0	90 horas	0 dias	●
V8010305A MS AMEREN	Bobinagem BT	19-06-08	20-06-08	36 horas	0	36 horas	0 dias	●
V8010305A MS AMEREN	Bobinagem Regulação	19-06-08	20-06-08	42 horas	0	42 horas	0 dias	●
E8010281A UF La Paloma	Bobinagem AT	16-06-08	19-06-08	216 horas	0	216 horas	-1 dias	●
E8010281A UF La Paloma	Bobinagem BT	17-06-08	18-06-08	66 horas	0	66 horas	-1 dias	●
E8010281A UF La Paloma	Bobinagem Regulação	18-06-08	18-06-08	78 horas	0	78 horas	-1 dias	●
E8010281A UF La Paloma	Bobinagem MT	18-06-08	19-06-08	78 horas	0	78 horas	0 dias	●
E8010281A UF La Paloma	Bobinagem Estabilização	19-06-08	19-06-08	24 horas	0	24 horas	0 dias	●
E8010281A UF La Paloma	Bobinagem Pré-selecção	19-06-08	19-06-08	24 horas	0	24 horas	0 dias	●
E8010282A UF La Bañeza	Bobinagem AT	16-06-08	19-06-08	216 horas	0	216 horas	-1 dias	●
E8010282A UF La Bañeza	Bobinagem BT	18-06-08	18-06-08	66 horas	0	66 horas	-1 dias	●
E8010282A UF La Bañeza	Bobinagem Regulação	18-06-08	19-06-08	78 horas	0	78 horas	-1 dias	●
E8010282A UF La Bañeza	Bobinagem Estabilização	19-06-08	19-06-08	24 horas	0	24 horas	0 dias	●
E8010283A UF StaTeresa	Bobinagem AT	16-06-08	19-06-08	216 horas	0	216 horas	-1 dias	●
E8010283A UF StaTeresa	Bobinagem BT	18-06-08	18-06-08	66 horas	0	66 horas	-1 dias	●
E8010283A UF StaTeresa	Bobinagem Regulação	18-06-08	19-06-08	78 horas	0	78 horas	-1 dias	●
E8010283A UF StaTeresa	Bobinagem Estabilização	19-06-08	19-06-08	24 horas	0	24 horas	0 dias	●
E8010299A CGE CHILE	Bobinagem AT	11-06-08	16-06-08	234 horas	0	234 horas	-4 dias	●
E8010299A CGE CHILE	Bobinagem BT	13-06-08	13-06-08	90 horas	0	90 horas	-6 dias	●
E8010299A CGE CHILE	Bobinagem Estabilização	16-06-08	17-06-08	24 horas	0	24 horas	-3 dias	●

Gerado em 19-06-2008 15:20:34

Figura 58 – *Output* da Funcionalidade C2.1

E8010269A UF CELANOVA

Status:	Faltam:	Conclusão:	Desvio do prazo:
●	6 dias	84%	-3 dias

Tarefa	Centro de Trabalho	Data de Início	Data de Conclusão	Tempo previsto	%conclusão	Em falta	Faltam	Status
Montagem CM	cm	30-04-08	09-05-08	208 horas	100			✓
Isolantes para bobinagem	isolantes	21-04-08	21-04-08	56 horas	100			✓
Isolantes para CM	isolantes	29-04-08	30-04-08	8 horas	100			✓
Isolantes para FF	isolantes	07-05-08	09-05-08	75 horas	100			✓
Isolantes para ligações	isolantes	13-05-08	13-05-08	5 horas	100			✓
Bobinagem	bobinagem	21-04-08	29-04-08	435 horas	100			✓
Preparação para estabilização	calibragem	29-04-08	30-04-08	59 horas	100			✓
Estabilização	hos	11-05-08	13-05-08	55 horas	100			✓
Calibragem	calibragem	07-05-08	09-05-08	82 horas	100			✓
Formação de fases	ff	13-05-08	15-05-08	130 horas	100			✓
Ligações internas	li e mf	26-05-08	02-06-08	496 horas	100			✓
Secagem VP	vp	03-06-08	05-06-08	50 horas	50	25 horas	1 dias	●
Montagem final	li e mf	05-06-08	11-06-08	88 horas	0	88 horas	6 dias	●
Equipamento exterior e Electrificação	eee	30-05-08	06-06-08	146 horas	0	146 horas	1 dias	●
Ensaios		06-06-08	10-06-08	60 horas	0	60 horas	6 dias	●

Gerado em 04-06-2008 12:45:32

Figura 59 – *Output* da Funcionalidade D2.1

Figura 60 – *Output* da Funcionalidade D2.2

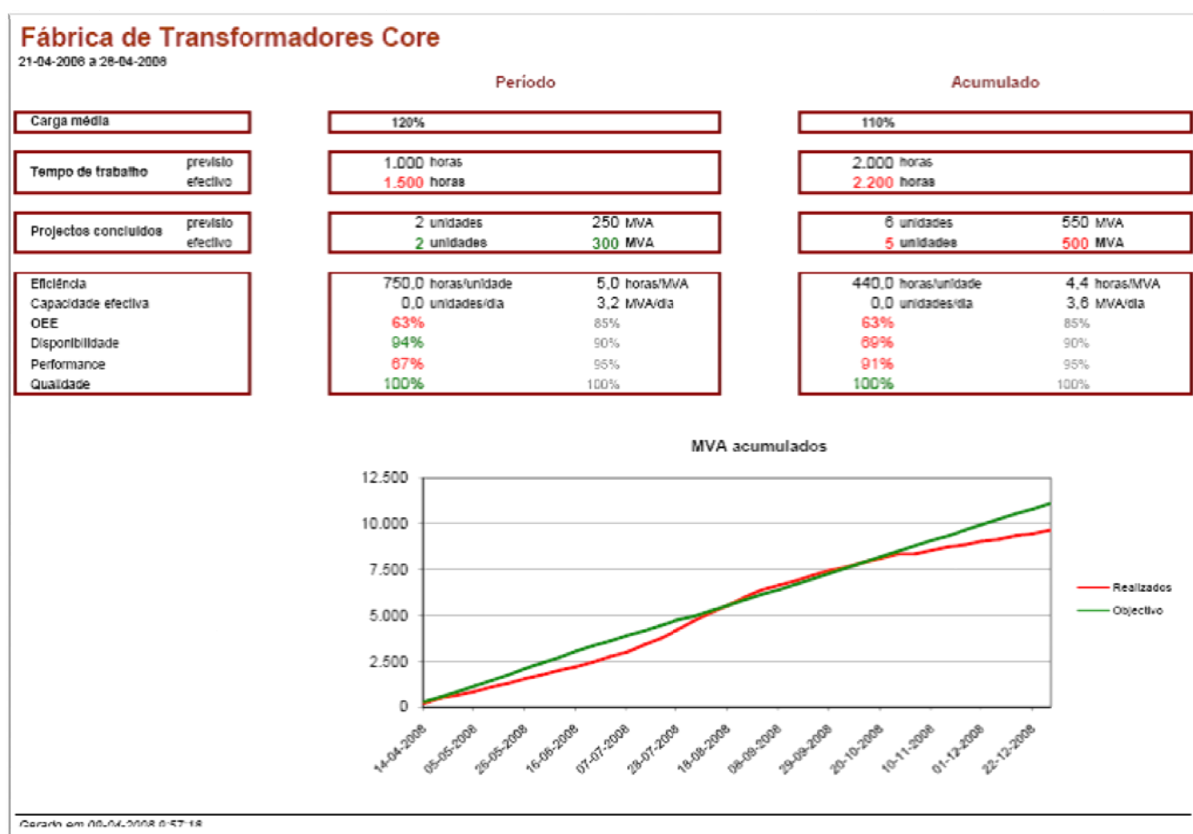



Figura 61 – *Output* da Funcionalidade C2.3

ANEXO E Manual de Utilização

A última fase da construção da ferramenta, desenvolvida em paralelo com os testes e as afinações, consiste na documentação dos casos de uso. De facto, todas as especificações de parametrizações e de personalizações devem responder aos requisitos da melhor forma e, para tal, é imprescindível referir os aspectos de optimização da interface com as pessoas que utilizam o sistema.

De seguida, apresentam-se os procedimentos necessários para a correcta utilização das funcionalidades, identificadas por designação, descrição, utilizador, pré-condições, sequência de acções e *outputs*.

Planeamento e Programação (A1 e B1.1)

Descrição

Programação das tarefas de um novo projecto, a partir da definição da data de entrega da montagem final e análise do caminho crítico do processo. Ajuste das alocações e posterior carregamento no portefólio.

Utilizador

Gestor dos projectos.

Pré-condições

Ficheiro *Template* com o planeamento definido.

Sequência de Acções

Criar um novo projecto

1. Abrir Template\Recursos;
2. Seleccionar a 3ª opção "Open resource pool read-write only and all other sharer files into a new master project file. You can access this new master project file from the Window menu command.";
3. Abrir o ficheiro Template, premir o botão NovoProjecto;
4. Preencher os campos:
   - Nome do projecto com o respectivo código e nome do cliente;
   - Descrição com as principais características eléctricas;
   - MVA do projecto;
   - Bloco de tempos seleccionado para carregar as tarefas com os tempos previstos;
   - Data de conclusão pretendida para a montagem final.
5. Fechar Template\Recursos e Template*Template*.

Enviar o novo projecto para o portefólio

6. No novo ficheiro, proceder aos ajustes de alocações ou de tempos necessários;
7. Premir o botão EnviarProjecto;
8. Fechar Portefolio/(nome do projecto).

Outputs

Novo projecto carregado no portefólio.

Progresso e Afinação (B1.2)

Descrição

Registo do progresso e monitorização dos projectos em curso. Controlo dos tempos de entrega, prazos e cargas.

Utilizador

Gestor dos projectos.

Pré-condições

Portefólio de projectos carregado e actualizado.

Sequência de Acções

1. Abrir o portefólio;
2. Proceder à monitorização e ao controlo pretendidos, por exemplo:
   - Premir o botão Progresso e ajustar datas actuais ou registar datas efectivas na Vista Progresso e analisar a carga global na vista Gantt Progresso;
   - Premir o botão Afinação e ajustar as cargas das equipas ao longo do tempo na Vista Utilização Recursos;
   - Seleccionar a vista *Resource Graph* e proceder ao nivelamento (*Tools – Level Resources – Level now*);
   - Ajustar prioridades dos projectos na Vista Progresso (quanto maior for o valor da prioridade do projecto, mais cedo será o seu carregamento no nivelamento).

Outputs

Mapa de programação do portefólio actualizado, ajustado às necessidades dos clientes e à capacidade real da fábrica.

Progresso (C1)

Descrição

Registo do progresso da fábrica, por centro de trabalho.

Utilizador

Chefe de equipa ou gestor dos projectos.

Pré-condições

Portefólio de projectos carregado.

Sequência de Acções

1. Abrir o portefólio;
2. Premir o botão ProgressoLinha;

3. Inserir o nome do centro de trabalho;
4. Inserir a linha da tarefa que se pretende actualizar;
5. Preencher os campos pedidos (data de início, percentagem de conclusão e/ou data de conclusão).

Outputs

Projectos actualizados.

Plano de Trabalhos (C2.1)

Descrição

Visualização do *status* dos centros de trabalho e respectivo plano de trabalhos para um período pretendido.

Utilizador

Chefe de equipa ou gestor dos projectos.

Pré-condições

Portefólio de projectos carregado e actualizado.

Sequência de Acções

1. Abrir o portefólio;
2. Premir o botão Planos;
3. Seleccionar o relatório pretendido:
    - Plano Global, Plano Gráfico ou Plano Detalhado, ligeiramente personalizados a partir de relatórios tipo do Microsoft Office Project;
    - Plano Excel, personalizado de acordo com descrições anteriores; inserir o período pretendido e premir o botão do centro de trabalho.

Outputs

Relatório com o plano de trabalhos para um centro de trabalho num período.

Status dos Projectos em Curso (D2.1)

Descrição

Visualização do *status* dos projectos em curso e do respectivo planeamento.

Utilizador

Gestor dos projectos.

Pré-condições

Portefólio de projectos carregado e actualizado.

Sequência de Acções

1. Abrir o portefólio;
2. Premir o botão Planos;

3. Seleccionar Plano Excel;
4. Inserir o período de análise pretendido;
5. Premir o botão dos projectos em curso;
6. Seleccionar o projecto pretendido.

Outputs

Relatório com o plano de trabalhos para um centro de trabalho num período.

Performance das Equipas (D2.2)

Descrição

Visualização da performance dos centros de trabalho para um período pretendido.

Utilizador

Gestor dos projectos.

Pré-condições

Portefólio de projectos carregado e actualizado.

Sequência de Acções

1. Abrir o portefólio;
2. Premir o botão Performance;
3. Inserir o período de análise pretendido;
4. Premir o botão do centro de trabalho pretendido.

Outputs

Relatório em Excel com a performance de um centro de trabalho num período e desde o início do ano.

Performance da Fábrica (D2.3)

Descrição

Visualização da performance da fábrica para um período pretendido.

Utilizador

Gestor dos projectos.

Pré-condições

Portefólio de projectos carregado e actualizado.

Sequência de Acções

1. Abrir o portefólio;
2. Premir o botão Performance;
3. Inserir o período de análise pretendido;
4. Premir o botão dos projectos concluídos.

Outputs

Relatório em Excel com a performance da fábrica num período e desde o início do ano.

Operações Rápidas

Abertura do Portefólio

Sequência de Acções

1. Abrir Portefolio\Recursos;
2. Seleccionar a 3ª opção "Open resource pool read-write only and all other sharer files into a new master project file. You can access this new master project file from the Window menu command.";
3. Fechar o novo ficheiro "Project1" sem guardar as alterações;
4. Na janela "Do you want to save changes to 'Portefolio'?", seleccionar "No to All";
5. Abrir Portefolio\Portefolio.

Deslocação do Diagrama de Gantt para Data de um Tarefa

Descrição

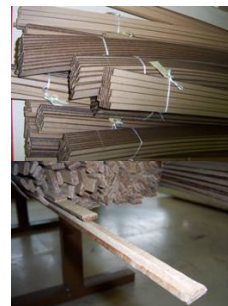
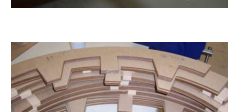
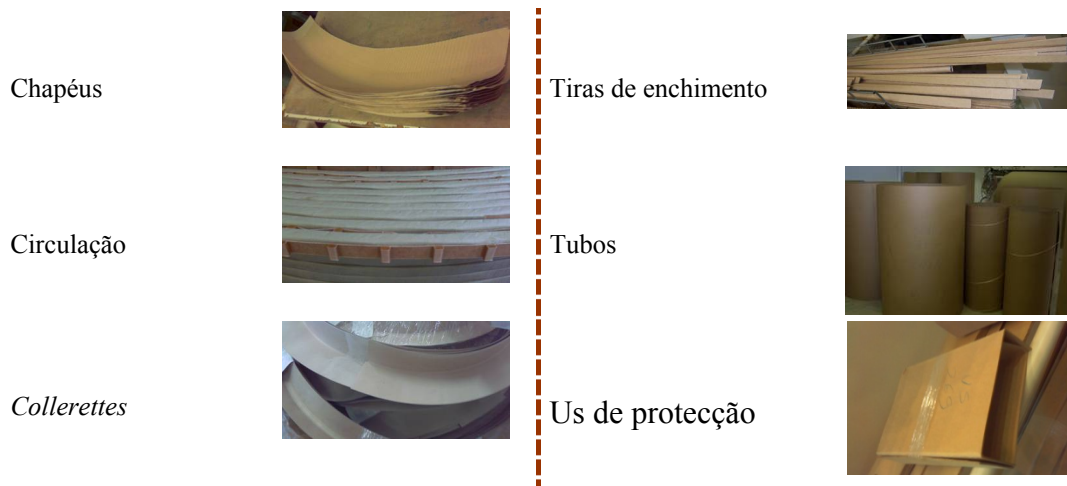
Deslize horizontal do diagrama de Gantt para a visualização da tarefa seleccionada na tabela.

Sequência de Acções

1. Premir ctrl+shift+F5.

ANEXO F Fluxos entre Isolantes e Bobinagem

Ao longo do decorrer do projecto, foi também proposto o desenvolvimento de determinadas tarefas que, de alguma forma, contribuíssem para a melhoria do sistema de produção dos transformadores Core.

Entre estas, destaca-se uma actividade de melhoria de fluxos de informação e de material entre o centro de trabalho dos isolantes e da bobinagem. Para tal, começou-se com o levantamento de todos os isolantes produzidos na fábrica, apresentados de seguida.

Posteriormente, classificou-se o conjunto de isolantes utilizados na bobinagem, de acordo com o seu volume de produção, dimensão e tipo de utilização, em:

- Calços – para AT, BT, regulação e outros enrolamentos;
- Outros isolantes – anéis de guarda, cartões de protecção, cavaleiros, intercalares dentados, rodelas foa, tiras de enchimento e outros isolantes.

O objectivo deste trabalho seria a criação de um quadro de comunicação, onde fosse visível o *status* das ordens puxadas pela bobinagem e a identificação de quais se encontram em curso. Foi feito um quadro com essa informação mas, uma vez que foram identificadas necessidades de novos meios físicos para a implementação do mesmo, seleccionou-se, numa primeira fase, os calços como elementos críticos.

Na situação inicial, os fluxos de calços eram feitos com armazenamento intermédio, como se apresenta na Figura 62. Na produção eram inseridos em contentores, identificados com a sua espessura, o seu comprimento, a sua quantidade aproximada e ainda o código do transformador a que se destinam e o respectivo enrolamento, e colocados na estante apresentada.

Figura 62 – Armazém de calços

Na bobinagem, à medida das necessidades, os calços iam sendo transferidos dos contentores para uns carrinhos e levados para a respectiva máquina de bobinar. Identificam-se, aqui, desperdícios de excesso de produção e de inventário (são fabricados calços em excesso, uma vez que vão sendo produzidos, sem destino certo, ficando ainda por vezes algum tempo à espera de serem necessários), de espera (a produção de calços não está totalmente coordenada com as necessidades nas máquinas de bobinar e, por vezes, os que se destinavam a uma bobina são utilizados noutra) e ainda de transporte (os calços são levados da máquina em que

são produzidos nos contentores para a estante, dos contentores para os carrinhos, dos carrinhos para as máquinas de bobinar, e ainda entre máquinas de bobinar, tudo isto até que tenham sido montados todos os calços necessários em cada bobina).

Desta forma, foram introduzidos no sistema de produção carrinhos para transportarem os contentores de calços (Figura 63) desde a sua produção até à máquina de bobinar a que se destinam. Cada carrinho é identificado pelo código do transformador, enrolamento e fase da bobina a que se destina e cada contentor é identificado com as características dos calços.

Figura 63 – Carrinho para Fluxo de Calços

A comunicação visual do centro de trabalho da bobinagem, depois de estudadas algumas alternativas, foi concebida em termos informáticos, através da apresentação do seu estado num monitor na fábrica. A programação diária das alocações das ordens às máquinas e aos operadores é inserida num ficheiro de Excel e automaticamente processada e inserida num ficheiro do Microsoft Office PowerPoint. Esse mesmo ficheiro está localizado num computador da fábrica e está constantemente actualizado, apresentando alternadamente as informações abaixo relativas ao *status* do centro de trabalho.

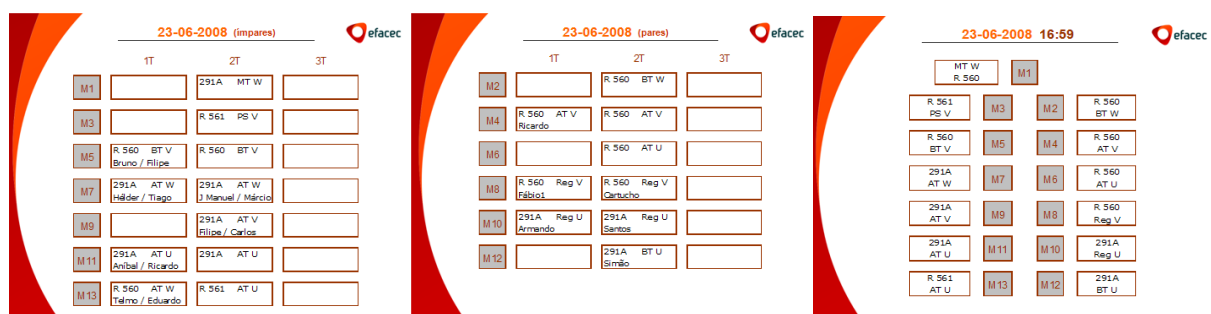



Figura 64 – Diapositivos do *Status* da Bobinagem

ANEXO G Fluxos de Material entre Armazém e EEE

Ainda no sentido de aperfeiçoar o sistema de produção, foi proposto um sistema de melhoria das operações no centro de trabalho do equipamento exterior e electrificação.

Nestas actividades puramente de montagem, a disponibilidade dos materiais é o factor principal que determina o tempo. Esse factor assume ainda maior criticidade quando a diversidade de materiais a montar num mesmo projecto atinge valores na ordem as centenas, alternando entre artigos de armazém e artigos pedidos especificamente para o projecto.

O armazém é responsável pela recolha de todos estes materiais, agrupando-os em paletes de acordo com o projecto. Identificam-se duas desvantagens: a desorganização dos materiais que dificulta o reconhecimento e escolha das necessidades (desperdício de movimentação) e ainda a entrega de quantidades sobredimensionadas de material (excesso de inventário) que por vezes se perde ou deteriora. Pode ainda acrescentar-se que o armazém tem à sua responsabilidade uma tarefa que é repetida na produção: a selecção dos artigos necessários.

Assim, foram desenvolvidas duas soluções coexistentes partindo da distinção entre artigos de armazém e artigos das ordens, explicitadas de seguida.

Artigos de Armazém

Foi feito um levantamento das referências dos artigos de armazém utilizados frequentemente neste centro de trabalho, sendo posteriormente identificados e classificados de acordo com o seu tipo, a sua dimensão e a sua taxa de utilização. Desta forma, foi possível dimensionar, numa primeira fase, os contentores para as 162 referências encontradas. A partir desses dados, pode ainda dimensionar-se 2 estantes de 5 prateleiras com cerca de 2m de comprimento (Figura 65), para ser localizada no centro de trabalho, com reposição dos artigos da responsabilidade do armazém, à medida das necessidades do seu cliente.

Figura 65 – Armazém do EEE

No centro de trabalho, os operadores recolhem da estante os materiais que cada projecto necessita, identificados pela etiquetagem dos seus contentores, colocando-os num carrinho, posteriormente levado para junto do respectivo transformador para servir de apoio à montagem.

Artigos de Encomenda

Para melhorar a organização dos materiais relativos a ordens de cada projecto, foram dimensionados carrinhos para substituição das paletes. O armazém assume da mesma forma a responsabilidade de o carregar com os artigos necessários, mas desta vez apenas aqueles não são artigos de armazém. Na produção, o carrinho é também levado para junto do transformador, sendo devolvido ao armazém quando estiver vazio e o transformador pronto. O processo de reconhecimento dos materiais necessários, aquando da sua montagem, é facilitado, passando a ser mais visível, ergonómico e organizado.

ANEXO H Outros Trabalhos para a Fábrica Core

Foram ainda desenvolvidos outros trabalhos neste contexto, mas que pelo facto de não estarem concluídos ou de não se considerar relevante a sua apresentação, são sujeitos apenas à seguinte descrição sucinta. Interessa ainda referir que todas estas tarefas contribuíram largamente para o melhor conhecimento do sistema de produção dos CT, desde as pessoas que o constituem, os equipamentos e os próprios fluxos.

Base de Dados dos Recursos Humanos

Esta tarefa consistiu essencialmente no tratamento dos dados relevantes dos operadores, chefes de equipa e encarregados, agrupando-os por centro de trabalho, turno e cargo. Pretende-se que a interface criada seja posteriormente integrada em elementos de comunicação visual da fábrica, como por exemplo no monitor referido no ANEXO E.

Frases Motivacionais

Ainda no âmbito da fábrica e da comunicação visual, foi seleccionado um conjunto de frases para colocar na fábrica de forma a contribuir para o aumento dos níveis de motivação e, consequentemente, da produtividade do sistema de produção.

Cooperação com Engenharia do Processo

Neste âmbito, foram feitas pequenas contribuições no sentido do reconhecimento de actividades como os 5S ou a implementação da inserção dos tempos de produção directamente pelos operadores no Baan.